Band 31 Heft 1 März 1949

E & A

MONWEALTH INST.
OMOLOGY LIBRARY
- 4 JUL 1949
IAL Ent. 270
PARATE

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON

K. ESCHERICH

Dr. med. et phil., Dr. Dr. h. c., o. ö. Professor em. an der Universität München

PAUL PAREY IN BERLIN UND HAMBURG

Z. ang. Ent. Bd. 31 **Heft 1** *S. 1—180 Bln. 1949*

Inhalt

Originalaufsätze

Der Infektionsweg bei der Polyederepidemie der Nonne. Von Dr. SOPHIA ROEGNER-AUST. Mit 5 Abbildungen 3
Biologie und Bekämpfung der Kaffeeminiermotten Ostafrikas unter Berücksichtigung des Klimas. Von Dr. H. G. FIEDLER. Mit 8 Abbildungen 38
Erfahrungen mit neuartigen Insektiziden im Ausland. Von H. BLUNCK 77
Methoden der Prüfung von Textilien auf Termitenfestigkeit im fabrikneuen und im Gebrauchszustand. Von Prof. Dr. KARL GÖSSWALD. Mit 20 Abbildungen . . . 99
Beiträge zur Ökologie der Hausbockkäfer-Larven. Von GÜNTHER BECKER. Mit 8 Abbildungen 135

Verschiedenes

Prof. Dr. ENOCH ZANDER 75 Jahre. Von K. ESCHERICH 175

Schriftleitung: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. K. ESCHERICH, München 19, Prinzenstr. 26. Manuskripte sind nur an den Herrn Herausgeber zu schicken.

Honorierung: Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Bei Abbildungen wird gebeten, sich auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Arbeit ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse anzufügen. Das Honorar beträgt je Bogen 32.— DM., mehr als 3 Bogen werden nicht honoriert. Der von Abbildungen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen werden nicht honoriert. Jeder Mitarbeiter erhält von seinem Beitrag unberechnet 20 Sonderabdrucke, bei Doktorarbeiten 50.

Erscheinungsweise: Jährlich erscheint 1 Band zu 4 Heften im Gesamtumfang von etwa 40 Bogen. Das Abonnement verpflichtet zum Bezug eines ganzen Bandes. Es verlängert sich jeweils, falls nicht spätestens unverzüglich nach Eingang der letzten Lieferung des berechneten Bandes Abbestellung erfolgt.

Abonnementspreis dieses Heftes 19,60 M. **Einzelpreis 20,60 M.**

Die Wissenschaft ist die beste Saat für die Wirtschaft

Unter diesem Grundsatz wird die Wiederaufnahme und Fortsetzung unserer Zeitschrift stehen, die ihren alten guten Ruf wieder zu gewinnen suchen wird.

Was wirklich von wissenschaftlichem Geist auf unserem Gebiet gezeugt ist, wird irgendwie und zu irgendeiner Zeit seine Wirkung auf die Wirtschaft ausüben, mag es in der Gegenwart auch noch so fern von ihr zu liegen scheinen.

In dieser Überzeugung übergeben wir den XXXI. Band der Öffentlichkeit.

Der Herausgeber
Dr. K. ESCHERICH

Der Verlag

Im Dezember 1948

Der Infektionsweg bei der Polyederepidemie der Nonne[1])

Von

Dr. Sophia Roegner-Aust (München)

Mit 5 Abbildungen

Einleitung

Über die Polyederkrankheiten der Insekten liegt eine Fülle von Untersuchungsmaterial vor, da die Erkenntnis dieser Seuche von Forstwirtschaft und Seidenbau gleichermaßen angestrebt wurde. War doch die Polyederkrankheit im Walde oftmals die einzige Rettung für weite Gebiete, die durch eine starke Übervermehrung der Nonne mit Licht- und Kahlfraß bedroht waren, dagegen im Seidenbau einer der schlimmsten Feinde, der durch den vorzeitigen Tod vieler Raupen eine Verminderung der wertvollen Kokonausbeute herbeiführte. Erfordernisse der Praxis gaben somit den Anstoß zu Untersuchungen über die Polyedrosen und konnten im Laufe der Zeit auf vielen Teilgebieten zu endgültigen Ergebnissen führen. So weiß man heute mit Bestimmtheit, daß es sich bei der Polyederkrankheit um eine Infektionskrankheit handelt, die mit den stets dabei auftretenden Polyedern in einem ursächlichen Zusammenhange steht. Auch über die Bildung der Polyeder in den Zellkernen konnte endgültig Klarheit gewonnen werden, vor allem durch die eingehenden Untersuchungen von Letje (1939) und Heidenreich (1940), die von Bergold (1943) und Janisch und Roegner-Aust (Manuskript) bestätigt werden konnten. Daneben aber gab es Fragen, die trotz der letzten großen Arbeit von Bergold (1943), die während der Zeit meiner Tätigkeit (1942—1945) auf diesem Gebiete erschien, noch immer nicht als geklärt betrachtet werden konnten, und das waren die Fragen über die Natur des Erregers und die Art und Weise seiner Übertragung.

Auf beiden Gebieten gingen die Meinungen der Forscher grundlegend auseinander. Hinsichtlich der Natur des Erregers wurden ursprünglich Bakterien als Krankheitsursache angesehen (Hofmann 1891, v. Tubeuf 1892, Krassilshtshik 1896, Eckstein 1910, Glaser und Chapman bis 1912) oder auch der Polyeder selber als Erreger betrachtet

[1]) Vorliegende Untersuchungen wurden an der Biologischen Reichs-, jetzt Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem und Ausweichstelle Eisgrub (C. S. R.), in den Jahren 1942—1945 in der ehemaligen Dienststelle für Forstliche Zoologie (Leitung: Oberreg.-Rat Dr. Ernst Janisch) durchgeführt und sind in den „Naturwissenschaften" **34**, 1947, zum Teil bereits in kurzer Form veröffentlicht worden.

(BOLLE 1898), bzw. als Träger des Erregers (ESCHERICH und MIYAJIMA 1911). Seit den Filtrationsversuchen v. PROVAZEKS (1907) gewann jedoch mehr und mehr die Überzeugung Raum, daß der eigentliche Erreger filtrierbar sein müsse. v. PROVAZEK selber glaubte, ihn in kokkenartigen behöften Gebilden gefunden zu haben, die er als Chlamydozoen bezeichnete. BÖHM (1910), KNOCHE (1912), KOMAREK und BREINDL (1924) schlossen sich dieser Auffassung an, ebenso WOLFF (1910), der allerdings einen seuchenhaften Ausbruch der Polyedrie nur bei gleichzeitiger Anwesenheit von Streptokokken für möglich hielt. GLASER und CHAPMAN (nach 1912), PAILLOT (1928) und ACQUA (1937) betrachteten winzig kleine, im Dunkelfeld schwach leuchtende, unbehöfte Körnchen als Erreger, die durch großporige Porzellanfilter hindurchgehen, von kleinporigen aber zurückgehalten werden sollten. PAILLOT und GRATIA (1938, 1939) und GRATIA und PAILLOT (1939) konnten diese kleinen Körnchen durch Filtrations- und Ultrazentrifugenversuche isolieren und ihre Pathogenität für die Polyederkrankheit durch Infektionsversuche und serologische Feststellungen nachweisen. Diese Körnchen waren auch von KNOCHE (1912), KOMAREK und BREINDL (1924) und von PRELL (1925) in den Polyedern als Einschlußkörperchen gesehen worden. LETJE (1939) versuchte, eine Synthese beider Meinungen herzustellen, indem er die Chlamydozoen als die mikroskopische, die kleinen Körnchen als die ultramikroskopische Phase im Entwicklungszyklus ein und desselben Erregers betrachtete. Während der Erreger von den bisher aufgeführten Autoren (außer ACQUA) als Organismus und der Polyeder meist als Reaktionsprodukt der befallenen Zellkerne angesehen wurde, lehnten ACQUA (1937) und HEIDENREICH (1940) die Organismennatur des Erregers ab und nahmen eine autochthone Entstehung der Krankheit an, für die die Häutung der Raupen besonders begünstigte Stadien darstellen sollte. Eine völlig neue Auffassung vertrat BERGOLD (1943), der den Polyeder als einheitliches Kristallisationsprodukt eines niedermolekularen Virus mit einem Molekulargewicht von nur 180 000—300 000 und einem Moleküldurchmesser von 8—9 mμ betrachtete. Damit wäre es aber in den Vordergrund auch des allgemeinwissenschaftlichen Interesses getreten, weil einem solchen niedermolekularen Virus im Rahmen der gesamten Virusforschung eine grundsätzliche Bedeutung als Übergang zur Genwirkung zuzukommen schien. Die in den Polyedern bei geeigneten Färbemethoden sichtbaren und bei Auflösung des Polyeders freiwerdenden Körnchen sah BERGOLD (1943) als Aggregate dieses niedermolekularen Virus an. JANISCH und ROEGNER-AUST (Manuskript) konnten jedoch durch sorgfältige Infektionsversuche nachweisen, daß das nach der Methode von BERGOLD gewonnene Polyederprotein nicht infektiös ist und die Masse der Grundsubstanz des Polyeders darstellt, die nach Untersuchungen bei Phasenkontrastbeleuchtung (Zeiß, nach ZERNIKE) in den befallenen Kernen sukzessive auskristallisiert und dabei die eigentlichen Erreger einschließt. Diese müssen ihrer Natur nach den hochmolekularen Viren zugerechnet werden, welche als Elementarkörper

oder als Aggregate im Polyeder sichtbar sind und sich durch ihre Färbbarkeit, nach ihrer Lagerung bei der Entstehung der Polyeder und nach ihrem Verhalten bei der Auflösung der Polyeder deutlich von der Grundsubstanz unterscheiden. Inzwischen hat auch BERGOLD selbst (1947, 1947, 1948) in überzeugenden neuen Versuchen das eigentliche infektiöse Polyedervirus als hochmolekulares Virus sicher darstellen können. Damit dürfte die Frage nach der Natur des Erregers der Polyederkrankheiten nunmehr grundsätzlich gelöst sein. Offen blieb die Frage nach dem Infektionsweg des Erregers, der für die Praxis von besonderer Bedeutung ist.

Auch diese Frage nach dem Infektionsweg des Erregers war ebenso umstritten wie die nach der Natur des Erregers. Immerhin hatten sich die Forscher ausnahmslos davon überzeugen können, daß polyedriges Blut, Gewebsaft und auch reine Polyeder hochgradig infektiös sind. Da außerdem erwiesen worden war, daß Polyeder sich im Darmsaft der Raupe auflösen (BOLLE 1898, v. PROVAZEK 1907, 1913, KOMAREK und BREINDL 1924, LETJE 1939) glaubte man, daß eine Neuinfektion gesunder Raupen im Walde oder in den Seidenraupenzuchten vornehmlich durch Aufnahme von Polyedern in den Darmkanal mit verschmutztem Futter oder beim Überkriechen verseuchter Rinde oder Bodenstreu erfolge. Eine solche Infektion von Individuum zu Individuum im Raupenstadium konnte jedoch zur Erklärung großer Massenepidemien von Nonnenraupen im Walde in keiner Weise ausreichend sein, weil das oft beobachtete schlagartige Ausbrechen der Polyederkrankheit als Seuche innerhalb kürzester Zeit Millionen von Raupen dahinraffen und den plötzlichen Zusammenbruch von Kalamitäten herbeiführen konnte, ohne daß die Krankheit vorher besonders in Erscheinung getreten wäre.

Es wurde darum nach anderen Erklärungen gesucht, und man glaubte, diese in einer Übertragung der Polyedrie von Generation zu Generation gefunden zu haben, bei der die Krankheitserreger vom Muttertier auf den Eiinhalt und damit auf die neue Generation weitergegeben werden sollten. Eine solche Keimesübertragung oder „Vererbung" der Polyedrie, wie sie vielfach benannt wurde, ist dann auch lebhaft besprochen, aber im allgemeinen doch abgelehnt worden, und zwar anscheinend unter dem Eindruck der zweifellos bestehenden hohen Infektiosität von per os aufgenommenen Polyedern, und ferner ganz besonders durch die Tatsache, daß in Eiern und in jungen aus dem Ei herauspräparierten Räupchen — von vereinzelten Fällen abgesehen — niemals Polyeder gefunden werden konnten.

Nur ganz wenige Forscher haben sich auf Grund eigener Beobachtungen, sowie auch der Feststellungen anderer, positiv für eine „Vererbung" ausgesprochen. Dies waren: CONTE und LEVRAT (1907), WOLFF (1910), TEODORO (1927), RUCZICKA (1927), PAILLOT (1928) und JANISCH und ROEGNER-AUST (1943). Dabei schienen viele Gründe für eine Keimesinfektion zu sprechen, die hier einmal unabhängig von der Einstellung des jeweiligen Forschers angegeben werden sollen:

1. konnten Polyeder in Puppen, Faltern und Spiegelraupen gefunden werden (WAHL 1909, 1910, PRELL 1925);
2. konnte beobachtet werden, daß sich Raupen mit geringem Polyederbefall verpuppten und Falter lieferten (v. PROVAZEK 1907, KOMAREK und BREINDL 1924, TEODORO 1927, PAILLOT 1928, LETJE 1939, BERGOLD 1943);
3. konnten ältere Bombyx-Raupen künstlich mit Polyedern infiziert und in den Faltergeweben dann Polyeder nachgewiesen werden (BOLLE 1898, LETJE 1939);
4. konnte in Quetschpräparaten von Organen des weiblichen Geschlechtsapparates und in der Spermatophore von Nonnen Polyeder gefunden werden (JANISCH 1942);
5. brachten Aufzuchten aus gleichem Eimaterial an verschiedenen Orten unabhängig voneinander die gleiche Anzahl polyedertoter Raupen (CONTE und LEVRAT 1907, ESCHERICH und MIYAJIMA 1911, RUCZICKA 1927);
6. hatten 3 Seidenraupenzüchter, die in mindestens 2 km voneinander entfernten Zuchtstätten Raupen aufzogen, die vom gleichen Eimaterial abstammten, an allen 3 Stellen eine enorm hohe Sterblichkeit zu verzeichnen. Eine gleichzeitig an einer dieser Stellen aufgezogene Zucht anderer Herkunft blieb dagegen gesund (PAILLOT 1928);
7. hätte bei großen Kalamitäten im Walde mehrfach festgestellt werden können, daß mit einem epidemischen Ausbrechen der Polyederseuche immer erst nach mehreren Jahren zu rechnen war (BÖHM 1910, WAHL 1911, ESCHERICH und MIYAJIMA 1911, KNOCHE 1912, WELLENSTEIN 1942);
8. weiß man bei Seidenraupen seit 1848 (GUERIN-MÉNEVILLE und ROBERT nach PAILLOT), daß es Rassen mit verschiedener Anfälligkeit gegen Gelbsucht gibt. ACQUA (1937) hoffte sogar auf Grund dieser Tatsache, durch Kreuzung und Selektion eine Rasse zu züchten, die gänzlich resistent sein sollte.

So wurde die Frage einer Vererbbarkeit der Polyedrie von fast allen Forschern erörtert, aber dann meist aus dem einen bereits erwähnten Grunde abgelehnt: weil es — mit Ausnahme von WOLFF (1910) — nicht gelang, in Eiern oder jungen Räupchen Polyeder nachzuweisen. BOLLE (1898) hatte zu diesem Zwecke Puppen künstlich infiziert; bei den ausschlüpfenden Faltern fand er zwar Polyeder in den Muskelhüllen des Eierstockes, aber die Eier selber waren völlig frei von Polyedern. WAHL (1909, 1910) fand, wie bereits gesagt, Polyeder in Puppen, Faltern und Spiegelraupen, aber niemals in Eiern. KOMAREK und BREINDL (1924) erhielten wohl Falter aus polyedrigen Raupen, doch legten diese überhaupt keine Eier ab. PRELL (1925) glaubte daher schließlich, daß eine polyederbefallene Eizelle überhaupt krank, weil kerninfiziert sei; ein kranker und durch den Parasiten so schwer geschädigter Kern könne aber niemals in der Lage sein, die komplizierten

Aufgaben der Eientwicklung zu erfüllen. Die Eizelle müsse daher zugrunde gehen. Eier, welche Raupen ergeben, seien daher gesund, d. h. nicht infiziert, denn sonst hätten sie sich ja gar nicht entwickeln können.

Eine „Vererbung", d. h. eine Keimesübertragung, wurde also von den meisten Forschern abgelehnt. Um aber eine Erklärung zu haben für die vielen Erscheinungen, die eigentlich nur durch eine Übertragung i m Ei erklärt werden konnten, glaubte bereits KNOCHE (1912), vornehmlich aber PRELL (1925), eine o b e r f l ä c h l i c h e Verschmutzung der Eier mit Polyedern annehmen zu müssen, an denen sich die jungen Räupchen beim Durchfressen durch die Eischale infizierten. Diese Auffassung wurde von der Mehrzahl der Forscher aufgegriffen und ihre Richtigkeit durch Ei-Desinfektionsversuche nachzuweisen versucht. JANISCH (1936) arbeitete dabei hauptsächlich mit Kalilauge, LETJE (1939) mit Formalin und BERGOLD (1942/43) mit Trichloressigsäure. Die Versuchseier — bei JANISCH aus einer bekannt gesunden Herkunft — wurden vorher k ü n s t l i c h mit Polyederbrühe oder polyedrigem Blute infiziert und dann mit einem der Mittel desinfiziert. Die Aufzuchten ergaben vielfach 100 % Lebende. Für seine weiteren Versuche standen JANISCH jedoch nur Nonnenherkünfte zur Verfügung, die sehr stark n a t ü r l i c h infiziert waren. Dabei mußte er die Feststellung machen, daß bei Eiern derartig natürlich kranker Herkünfte Desinfektionsversuche nicht gelangen, und zwar unabhängig von dem angewandten Desinfektionsmittel. Die zwangsläufige Schlußfolgerung aus diesen Ergebnissen legte er 1942 in den Worten nieder: „Mit diesen Feststellungen stehen wir hinsichtlich der Eidesinfektion gegen Polyedrie wieder ganz am Anfang..... Auffällig bleibt auf jeden Fall, daß alle bisher benutzten Mittel zur Eidesinfektion bei natürlichem Befall unwirksam bleiben. Deshalb muß trotz aller gegenteiligen Meinungen doch damit gerechnet werden, daß das Polyedervirus im Ei selbst sitzen kann, möglicherweise auch die Bakterien. Dann aber wäre jede Eidesinfektion von vornherein aussichtslos" (S. 191, 1942). BERGOLD (1943), dem bei Abfassung seiner großen Arbeit diese Veröffentlichung von JANISCH (1942) laut brieflicher Mitteilung des Verfassers noch nicht zugänglich gewesen war, sah in der Desinfektion der Eischale mit Trichloressigsäure auch weiterhin ein zuverlässiges Mittel, um polyederfreie Insektenaufzuchten zu erhalten, die dann zu Infektionsversuchen benutzt wurden. — Ausgehend von diesen beiden einander entgegenstehenden Auffassungen erschien es unerläßlich, noch einmal nachzuprüfen, ob die Eiübertragung der Polyedrie wirklich nur a m Ei erfolgt, wie ich kurz sagen möchte, oder ob nicht doch eine Übertragung i m Ei vorliegt.

Auf Grund einiger weniger Vorversuche im Winter 1942/43 hatten sich JANISCH und ROEGNER-AUST (1943) bereits zu der letzteren Auffassung bekennen müssen, die nunmehr mit vorliegender Arbeit ihren eigentlichen Nachweis erhalten soll. Die Frage einer Übertragung a m oder i m Ei ist aber neben ihrer rein wissenschaftlichen Bedeutung vor allem von grundsätzlichen Wert für die Praxis, denn wenn die Über-

tragung der Polyedrie i m Ei stattfindet, dann sind 1. die Aussichten für eine biologische Bekämpfung durch künstliche Infektion mit polyederverseuchtem Futter, Bodenstreu usw. sehr gering, 2. aber liegt der Gesundheitszustand bereits im Ei fest, so daß durch Raupenaufzuchten schon im Winter (JANISCH 1936) eine Frühdiagnose des Gesundheitszustandes von Populationen befallener Gebiete gestellt und prognostisch ausgewertet werden kann (siehe S. 31), und 3. ergibt sich für den praktischen Seidenbau, daß Desinfektionen der Eier nur Teilerfolge bringen können, und daß deshalb prophylaktische Maßnahmen zur Verminderung von Gelbsuchtfällen nur durch schärfere Kokonauslese möglich sind, wie dies bereits von PAILLOT (1928) vorgeschlagen worden ist.

Hauptteil

Auf Grund aller bisherigen Beobachtungen und Versuchsergebnisse schien die Polyederkrankheit im wesentlichen eine Raupenkrankheit zu sein, die allerdings unter bestimmten Umständen imstande war, auf Puppe und Falter überzugehen. Entsprechend dieser Auffassung waren die Untersuchungen bisher vornehmlich auf Raupen beschränkt und nur selten auf Puppen, Falter und Eier ausgedehnt worden. Man war eben allzusehr davon überzeugt, daß eine Neuinfektion gesunder Raupen nur durch eine äußere Aufnahme von Krankheitserregern in den Darmkanal erfolge, sei es durch verseuchtes Futter oder beim Durchfressen der oberflächlich infizierten Eischale. Um jedoch den Nachweis führen zu können, ob eine Übertragung der Polyedrie i m Ei vorliegt oder nicht, mußte im Gegensatz zu den früheren Untersuchungen in dieser Arbeit ganz besonderer Wert auf Untersuchungen an Puppen, Faltern und Eiern gelegt werden: denn wenn eine solche Übertragung der Polyedrie wirklich im Ei stattfindet, dann muß auch der Weg des Polyeders, bzw. des eigentlichen Krankheitserregers, durch die Imagines zu verfolgen sein.

Erstmalig im Jahre 1943 wurden daher lebende und abgestorbene P u p p e n unserer Prüfversuche auf ihren Befund an Polyedern untersucht. Die Prüfversuche setzten sich in der Hauptsache zusammen aus Nonnenherkünften mehrerer Thüringer Distrikte, in denen schon seit Jahren eine starke Massenvermehrung herrschte. Aus diesen Gebieten hatten wir uns Falter und Eimaterial beschafft, mit denen im Februar 1943 die ersten Prüfversuche (nach JANISCH 1933) angesetzt wurden. Leider erwies sich das Material zum größten Teil als stark verseucht, so daß die meisten Tiere bereits als Raupen starben und nur wenige Puppen übrig blieben: doch führten die Untersuchungen an diesen Puppen — lebenden wie sterbenden — zu den ersten entscheidenden Feststellungen der Übertragung der Polyedrie i m Ei (JANISCH und ROEGNER-AUST 1943). Spätere systematische Untersuchungen an einem weiteren großen Material von Nonnenpuppen, sowie vergleichende Untersuchungen an Seidenspinnern, konnten diese ersten Ergebnisse bestätigen und noch wesentlich erweitern.

Schon öfters ist in der Literatur erwähnt worden, daß Polyeder zerbrechen. Bereits BOLLE (1873, 1898, nach BERGOLD) stellte fest, daß die Polyeder durch Druck charakteristische Risse erhalten und schließlich zu rosettenförmigen Gebilden zerspringen, wobei die zentralen Teile weniger zäh sind als die peripheren. Auch durch die Toxine mancher Fäulnisbakterien sollen sie segmentweise zerfallen. GLASER und CHAPMAN (1916, nach BERGOLD) konnten bei Schwammspinnerpolyedern beobachten, daß sie zerbrechen wie Eis. RUCZICKA (1927) sah zwei Polyeder (wahrscheinlich Nonnenpolyeder), die aussahen wie zerplatzende Samenkapseln. Auch KNOCHES unveröffentlichter Nachlaß läßt erkennen, daß er zerbrochene Nonnenpolyeder gesehen hat, denn seine aufgefundenen Handzeichnungen zeigen Polyeder mit den verschiedensten Brüchen. Keiner der Autoren gibt jedoch an, aus welchen Raupenstadien die Polyeder stammten, ob es sich dabei um junge oder wohlausgebildete alte Polyeder gehandelt hat. Wohl spricht BOLLE (1873, 1898) in einem anderen Zusammenhange von der „Reife" der Polyeder, von der z. B. die Auflösungsgeschwindigkeit in Eisessig abhängen soll; und es wird unter den Autoren mehrfach erwähnt, daß Puppenpolyeder eine ganz bedeutende Größe haben (WAHL 1909, BERGOLD 1943), wie auch ich aus eigenen Beobachtungen bestätigen kann.

Die Feststellung, aus welchem Stadium zerbrechende Polyeder stammen, ist aber wichtig; denn während junge Polyeder sich kaum oder nur schwer zerdrücken lassen (Abb. 1), geht dies bei alten Polyedern ohne weiteres (Abb. 2). Es scheint fast, als ob sie tatsächlich einen bestimmten Reifezustand erreicht hätten, der sie nunmehr gegen von außen an sie herantretende Eiwirkungen weniger widerstandsfähig macht als in früheren Stadien. JANISCH und ROEGNER-AUST (Manuskript) konnten die Gründe dafür aus der Struktur und dem Aufbau des Polyeders ermitteln. Wahrscheinlich haben alle Autoren, die derartige Erscheinungen beobachtet haben, ihre Beobachtungen an alten ausgereiften Polyedern gemacht. Die BERGOLDsche Abbildung 21 (1943) läßt jedenfalls deutlich erkennen, daß nur die großen Polyeder auf Druck mit den charakteristischen Brüchen reagiert haben, während die kleineren intakt geblieben sind.

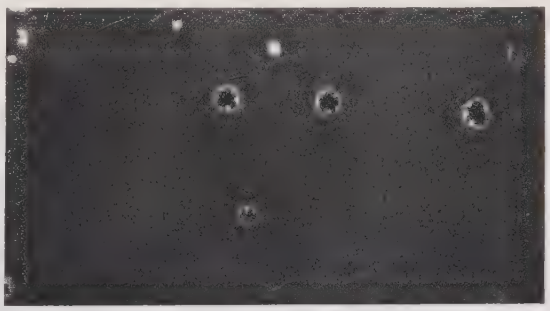


Abb. 1. Junge zerdrückte Polyeder (Seidenraupe)
Photo nach Phasenkontrast-Beobachtung

Betrachten wir nun einmal Abb. 3, dann sehen wir auch hier viele Polyeder, die mehr oder minder große Bruchstücke zeigen. Nur sind im Gegensatz zu den BERGOLDschen Polyedern diese Bruchstücke nicht

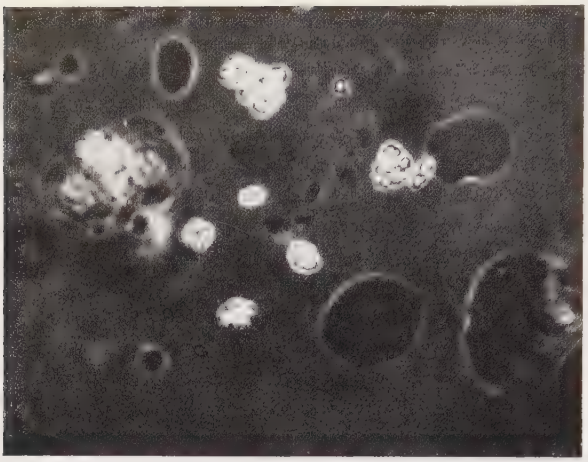


Abb. 2. Alte zerdrückte Polyeder (Seidenraupe).
Photo nach Phasenkontrast-Beobachtung

durch künstlichen mechanischen Druck entstanden, sondern konnten als natürliche Formen im Entwicklungszyklus der Tiere aufgefunden werden, und zwar in der Puppe. Wird nämlich lebenden Puppen, die aus befallenen Raupenherkünften hervorgegangen sind, einige Tage nach Beginn ihrer Puppenruhe Lymphe entnommen, dann können die Polyeder in derartigen Auflösungserscheinungen vorgefunden werden, die manchmal stärker, manchmal schwächer auftreten, je nachdem, welchen Zeitpunkt der Puppenlyse man gerade angetroffen hat. Um mechanische Zerstörungen kann es sich dabei nicht handeln, weil die Frischpräparate mit Hilfe eines Pinsels und unter vorsichtigster Auflage des Deckglases hergestellt worden sind. Diese Erscheinungen müssen daher als eine natürliche Entwicklungsform des Polyeders angesehen werden, die ausschließlich an das Stadium der Puppe gebunden ist.

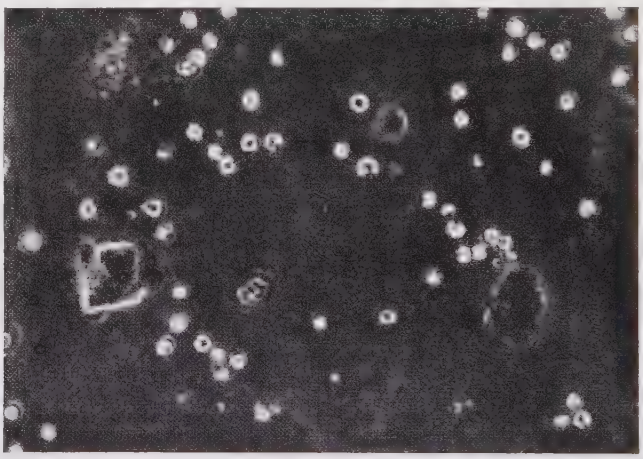


Abb. 3. Lysierte Puppenpolyeder (Seidenraupe)
Photo nach Phasenkontrast-Beobachtung

Diese erstmalig aufgefundenen natürlichen Auflösungserscheinungen der Polyeder in der Puppe konnten von ersten Rißbildungen bei Beginn der Auflösung bis zur vollständigen Zerstückelung in Restkörper ver-

folgt werden. Es ist mir jedoch nicht gelungen, einen bestimmten Tag des Auflösungsbeginnes — der wahrscheinlich in der Präpuppe, vielleicht auch schon in der Altraupe liegt — oder der Beendigung festzulegen, so daß diese Frage weiteren Untersuchungen überlassen bleiben muß. Da die Auflösung der Polyeder aber an die Puppenlyse gebunden ist, mögen diese in der Puppe auffindbaren zerbrechenden Polyeder mit dem Ausdruck „lysiert" bezeichnet werden. Lysierte Polyeder konnten nicht nur in der Nonne, sondern auch in Bombyxpuppen gefunden werden, und zwar besonders dann, wenn sie aus befallenen Zuchten hervorgegangen sind, wie Abb. 2 bereits gezeigt hat.

Ist aber Puppenlymphe im natürlichen Entwicklungsprozeß der Tiere imstande, Polyeder aufzulösen, dann muß der gleiche Vorgang künstlich zu wiederholen sein. Es wurde darum Lymphe von frischen Nonnenpuppen, die nach mikroskopischer Prüfung keine Polyeder enthielten, in einer Deckelschale mit gereinigten Puppenpolyedern versetzt Die Puppenpolyeder waren auf dem üblichen, von Bergold (1943) eingehend geschilderten Wege durch Filtrieren, Absedimentieren und Zentrifugieren aus Puppen gewonnen werden, die an Polyedrie verendet waren, und zeigten vielfach eine ganz besondere Größe. Oft fanden sich hier auch Polyeder mit Rissen und Sprüngen, die erkennen ließen, daß der Abbau bei manchen Puppen bereits eingesetzt haben mußte, ehe das Tier starb. Aber die Verseuchung war in solchen Fällen wohl doch zu weit vorgeschritten, als daß die normale Weiterentwicklung bis zum gänzlichen Zerfall der Polyeder hätte zu Ende geführt werden können. Solche Puppen sterben an Polyedrie unter denselben Verjauchungserscheinungen, wie man sie bei Raupen zu sehen gewohnt ist. Von der aus Puppenpolyedern und Puppenlymphe gemischten Flüssigkeit wurden gleichzeitig Objektträgerpräparate hergestellt, die zum Zwecke der längeren Haltbarkeit mit Wachs umrandet wurden. Täglich wurde kontrolliert. Während aber in den Deckelschalen die durch das Eichelfutter ursprünglich bläulichgrüne Lymphe bald eine schwarze Farbe annahm und Zersetzungserscheinungen zeigte, konnte unter den luftdicht abgeschlossenen Deckgläsern beobachtet werden, wie die Polyeder nach 2—5 Tagen Bruchstücke zeigten, die den Auflösungserscheinungen in der lebenden Puppe entsprachen.

Die gleichen Lysierungen waren ferner bei Injektionen mit Polyederaufschwemmungen in der Puppe selber zu erhalten. Mit Hilfe der Mikroinjektionsspritze von Janisch (1942) wurde lebenden Nonnen- und Bombyxpuppen und -präpuppen gereinigte Puppenpolyeder injiziert. Bei diesen Versuchen wurden vor allem solche Bombyxpuppen verwandt, die aus einer seit mehreren Jahren klinisch gesunden Seidenspinnerherkunft hervorgegangen waren, die wir aus Celle erhalten hatten,[1]) so daß man bei den Puppen selber annehmen konnte, daß sie

[1]) Für die liebenswürdige Überlassung des Materials von der Reichsforschungsanstalt für Kleintierzucht sei insbesondere Herrn Prof. Koch auch an dieser Stelle noch einmal auf das herzlichste gedankt.

wenig oder gar keine Polyeder enthielten. Wenn die Puppen 2—5 Tage nach der Injektion geöffnet wurden, dann zeigten auch hier die injizierten Polyeder typische Brüche und Zerfallserscheinungen bis zur Auflösung in kleine Restkörper, die noch im Zusammenhang verblieben waren (Abb. 4 a). Die meisten Puppen gingen allerdings an dieser Operation zugrunde, aber sie lebten doch wenigstens so lange, daß die Polyederlysierungen mit Sicherheit erkannt werden konnten.

a
Zerfall der Polyeder in Teilstücke (Seidenraupe) Halbschematische Zeichnung

b
Heraustreten der Elementarkörperchen aus einem lysierten Polyeder (Nonne). Halbschematische Zeichnung

Abb. 1

Mit der Tatsache, daß die von der Raupe her übernommenen Polyeder während der Puppenlyse zerstört werden, sind Schlußfolgerungen von besonderer Bedeutung verknüpft. Denn damit gibt es im Leben der Nonne und des Seidenspinners nicht nur einen, sondern zwei Orte und Zeiten, wo die sonst so widerstandsfähigen Polyeder abgebaut werden können: 1. Im Magen/Darm der Raupen, wo die Polyeder unter der Einwirkung des Magensaftes aufgelöst werden (BOLLE 1898, 1908, v. PROVAZEK 1907, 1913, LETJE 1939) und 2. während der allgemeinen Puppenlyse unter Einwirkung der Puppenlymphe und wahrscheinlich ihrer Fermente, wie die jetzt durchgeführten Untersuchungen an Nonnen- und Bombyxpuppen erstmalig gezeigt haben. Beide Vorgänge sind einander so ähnlich, daß ihr Vergleich naheliegend ist. Durch die im Magen/Darm erfolgende Auflösung der Polyeder werden die in ihnen enthaltenen kleinen eigentlichen Krankheitserreger, die Elementarkörperchen, frei und können nunmehr in die übrigen Organe des Wirtstieres eindringen; bei der Auflösung der Polyeder in der Lymphe der Puppe werden ebenfalls die enthaltenen Erreger frei und können nunmehr wahrscheinlich ungehindert in die Falterorgane und von dort in die Eier eindringen. Diese Schlußfolgerung, die aus den nachfolgenden Untersuchungen an Faltern und Eiern belegt und ergänzt wird, löst aber das Rätsel um die Übertragung des Erregers der Polyedrie von Generation zu Generation: denn es werden nicht die großen Polyeder übertragen, die nicht imstande wären, in die feinen Organe des Falters, geschweige denn in die Eier, einzudringen, sondern es werden lediglich die in den Polyedern eingekapselten weit kleineren eigentlichen Erreger der nächsten Generation mitgegeben, wie es ähnlich bei den Zikaden der Fall ist, wo z. B. für die Übertragung von langen Stäbchenbakterien

spezifische gedrungene Übertragungsformen (Infektionsformen) gebildet werden, die ohne weiteres in die Eier einzudringen vermögen (Buchner 1930). Der gleiche Vorgang konnte für die Bazillen der Nonne festgestellt werden, wie später ausgeführt werden wird. Auch bei Blattläusen, Schildläusen, Psylliden entstehen solche Formen speziell für die Eiübertragung. Die polyederbehafteten Spinner stellen mithin keinen Einzelfall im Tierreich dar, wo zugunsten der Eiinfektion auf die kleinstmögliche Form des Erregers zurückgegriffen wird. In neuerer Zeit konnte durch Untersuchungen von Emmel (1943, nach Mülhens, K., Dtsch. med. Wochenschrift 71, 1946) nachgewiesen werden, daß auch bei der Stubenfliege pathogene Bakterien im Ei übertragen werden.

Damit ist der Weg des Erregers durch die Puppe klar geworden und kann auch färberisch belegt werden, indem die freiwerdenden Elementarkörperchen auf Ausstrichpräparaten von Puppenlymphe mit zerplatzenden Polyedern in den ersten Auflösungsstadien durch zweistündige Viktoriablaufärbung und durch Giemsafärbung schwach, aber deutlich als kleinste meist längliche Gebilde sichtbar gemacht und auch im Elektronenmikroskop nachgewiesen werden können (Janisch und Roegner-Aust 1943) [1]). Sie liegen in großer Anzahl strahlenförmig um den Polyeder herum, ja, manchmal kann man direkt sehen, wie sie aus einer Bruchstelle in großer Menge herausgequollen sind (Abb. 4 b), und dürften mit dem von Bergold (1947, 1947, 1948) inzwischen einwandfrei erwiesenen hochmolekularen Polyedervirus identisch sein.

In diesem Stadium der ersten Auflösung gelingt eine färberische Darstellung durchaus. Da die Körnchen sich dann aber im allgemeinen Gewebesaft verteilen, ist ihr färberischer Nachweis zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr möglich. Daran liegt es auch, daß das Faltergewebe wenig positive Anhaltspunkte für den sicheren Nachweis ihrer Anwesenheit in den einzelnen Organen bieten kann. Trotzdem wurde jedes Falterorgan in Frischpräparaten und nach Viktoriablaufärbung (10 Minuten bis zu 2 Stunden) untersucht. Wohl konnten in den Ovarialendzellen ähnliche Körnchen aufgefunden werden, wie sie aus den Puppenpräparaten nun bekannt geworden sind, aber es war keineswegs mit Sicherheit zu entscheiden, ob es sich dabei um die gleichen Elementarkörperchen gehandelt hat, wie in der Puppe. Wohl aber konnten Restkörperchen von zerbrochenen Polyedern im Fettgewebe des Falters nachgewiesen werden. Ist es aber diesen verhältnismäßig großen Polyederbruchstücken möglich, aus der Puppe in den Falter überzutreten, dann dürften demnach für die sehr viel kleineren Erreger keine Schwierigkeiten bestehen. Doch wird ein sichtbarlich zu führender Nachweis vom Übergang der winzigen Erreger aus der Puppe in den Falter hier

[1]) Leider sind die elektronenmikroskopischen Aufnahmen durch die letzten Kriegsereignisse verloren gegangen. Herr Prof. Zwölfer vom Institut für angewandte Zoologie, München, wird jedoch so liebenswürdig sein und mir zu neuem Puppenmaterial verhelfen, so daß ich hoffe, in absehbarer Zeit die entsprechenden Aufnahmen nachträglich bringen zu können.

wohl ebensowenig entscheidend zu führen sein, wie es bei ihrem Übertritt durch die Magen-/Darmwand möglich ist, wozu BERGOLD noch als letzter sagt: „Über den Durchtritt durch die Zellwand (= Darmzellen), das Zellplasma und die Kernmembran wissen wir nichts" (1943, S. 35). Trotzdem sind alle Forscher davon überzeugt, daß die im Magen/Darm durch die Auflösung der Polyeder freigewordenen Erreger imstande sind, die Darmwand zu passieren, auch wenn es bis heute keinem einzigen von ihnen gelungen ist, das „Wie" dieses Übertrittes erklären zu können. Selbst BERGOLD (1943, S. 28) nimmt für die von ihm angenommene äußere Eischaleninfektion ohne weiteres an, daß eine gewisse Menge Virus durch das Puppenstadium hindurch in die Imagines gelangen muß, um dann die Eizellen äußerlich zu infizieren; aber über die Art und Weise dieser Übertragung macht auch er keine Angaben.

Mag der Falter mithin wenig sichere Anhaltspunkte für die Eiübertragung der Polyedrie bieten, so sind deren aber wieder um so mehr in den Eiern selbst zu finden. Für diese Untersuchungen standen Eier von Laboratoriumszuchten und Freilandfaltern hauptsächlich der erwähnten Thüringer, aber auch anderer Herkünfte, in sehr großer Anzahl zur Verfügung, doch kamen nur solche Eier zur Untersuchung, die unter möglichst sterilen Bedingungen abgelegt worden waren, damit jede äußere Infektion der Eischale so gut es ging vermieden wurde. Bei unseren Laboratoriumszuchten wurden darum alle frisch gebildeten Puppen in neue sterile Wasserschalen umgesetzt, deren aufliegende Kristallierschalen mit einer doppelten Schicht von Drahtgaze ausgekleidet worden waren (JANISCH 1933). Zwischen Drahtgaze und Gefäßwand konnten die ausschlüpfenden Falter ihre Eier ablegen, die später sorgfältig von hier abgesammelt wurden. Für den Fang der Freilandfalter standen Fanggefäße nach demselben Muster aus Papp- oder Blechzylindern zur Verfügung, die ebenfalls mit Drahtgaze ausgekleidet und vor ihrer endgültigen Verwendung sterilisiert worden waren. Auch hier legten die hineingesammelten Falter ihre Eier hinter die Drahtschicht ab, die auf diese Weise vor einer äußeren Verschmutzung bewahrt blieben. Im Gegensatz zu der beobachteten äußeren Sterilität wurde hinsichtlich des inneren Krankheitszustandes jedoch besonderer Wert darauf gelegt, daß die zu untersuchenden Eier nur von solchen Herkünften stammten, die hochgradig polyedrig gewesen waren, gleichgültig, ob es sich dabei um Laboratoriums- oder Freilandherkünfte gehandelt hatte. Außerdem wurde der größte Teil der Eier noch mit 2prozent. Kalilauge abgewaschen, um etwa trotzdem äußerlich anhaftende Polyeder abzutöten, bzw. aufzulösen; doch hat sich diese Vorsichtsmaßregel als unnötig erwiesen, wenn die Eier unter den soeben geschilderten Bedingungen abgelegt worden sind. Nachdem diese 3 Voraussetzungen, also möglichst große äußere Sterilität, natürliche innere Verseuchung und Eischalendesinfektion mit Kalilauge erfüllt worden waren, konnte mit der Präparation und mikroskopischen Untersuchung begonnen werden.

Die Eier wurden unter dem Binokular mit 2 ausgeglühten Nadeln auseinandergezupft, das darin befindliche junge Räupchen herausgeholt und auf einem Objektträger mit einem Glasstab zerquetscht. Die mikroskopische Prüfung geschah hauptsächlich im Hellfeld und wurde in strittigen Fällen durch Dunkelfeld und die neue Phasenkontrastbeleuchtung von Zeiß (nach ZERNIKE), die mir bei vorliegenden Untersuchungen ganz unschätzbare Dienste erwiesen hat, ergänzt. Die Versuchsergebnisse sind auf Tabelle 1 in den Serien 2—4 zusammengestellt.

Tabelle 1

Untersuchung von Räupchen, die aus dem Ei herauspräpariert wurden

Herkunft	Zahl der Tiere	ohne Befund und B + %	B ++ bis B ++++ %	Polyeder sicher %	Polyeder wahrscheinlich %
1. Räupchen aus Versuch 55/1944. Frische Sommereier, vorher nicht desinfiziert.	27	85,2	14.8	befallene Blutzellen mit leuchtender Ringzone und Polyederanfängen in den Kernen	
2. Räupchen aus den Versuchen 27/1., 27/7., 28/1., 28/4./1943. Eier 1 Jahr im Kühlschrank überlagert und dort abgestorben, vorher mit KOH 2% 2 Min. desinfiziert.	43	51,2	44,2	0	4,65 (= 2 Stck.)
3. Räupchen aus Versuch 109/1944. Alte, d. h. angesetzte, aber nicht geschlüpfte Eier, vorher nicht desinfiziert.	60	31.7	68,3	0	0
4. Räupchen der Versuche 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108/1944. Alte, d. h. angesetzte, aber nicht geschlüpfte Eier, vorher mit KOH 2% 2 Min. desinfiziert.	122	25,4	72,0	2,46 (= 3 Stck.)	0

Bei den Eiern, bzw. herauspräparierten Räupchen der Versuchsserie 2 handelte es sich um 1 Jahr lang im Kühlschrank übergelagerte Nonneneier aus dem Thüringer Bezirk Lobenstein. Da wir inzwischen festgestellt hatten, daß langes Überlagern von Eiern deren natürlichen Gesundheitszustand schädigt (ROEGNER-AUST, im Druck), so daß beispielsweise Herbstzuchten derselben Herkunft bis zu 50% mehr Polyedertote haben können als Frühjahrszuchten, erschienen diese überlagerten Eier, deren Räupchen inzwischen abgestorben waren, für obige Eiuntersuchungen von besonderem Wert. Bei den Eiern der Versuchsserien 3 und 4 handelte es sich um Nonneneier aus 9 verschiedenen

stark verseuchten Thüringer Distrikten und einer Grunewaldherkunft, die alle zur Aufzucht angesetzt, aber nicht geschlüpft waren. Die Eier der Serien 2 und 4 wurden vor dem Aufpräparieren mit Kalilauge 2 % desinfiziert, die Eier der Serie 3 dagegen unsterilisiert in Prüfung genommen.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Eier bestätigte in vollem Umfange das Ergebnis der früheren Autoren über das Nichtvorkommen von Polyedern in Eiern, denn von unseren insgesamt 225 einzeln untersuchten Nonneneiern zeigten im ganzen 220 = 97,8 % keinen einzigen Polyeder, obwohl auf das sorgfältigste danach gesucht worden war. Nur in 3 Fällen = 1,3 % fanden sich einige mittelgroße, aber wohlausgebildete Polyeder und in 2 weiteren Eiern = 0,98 % konnten einige stark lichtbrechende Gebilde als junge noch nicht ausgeformte Polyeder angesprochen werden. Damit steht es fest, daß im allgemeinen in den Eiern keine Polyeder vorkommen. Und dennoch ist diese Tatsache nicht — wie bislang angenommen — ein Beweis gegen die Übertragung der Polyedrie im Ei, sondern im Gegenteil einer der stärksten Beweise dafür: Denn auf Grund der Puppenuntersuchungen war ja festgestellt worden, daß nicht der viel zu große Polyeder von einer Generation auf die andere übertragen wird, sondern nur seine winzig kleinen Inhaltskörnchen; und wenn diese Feststellung stimmt, dann dürfen auch im allgemeinen keine Polyeder in den Eiern zu finden sein. Die wenigen Polyeder, die trotzdem vorkommen, werden wohl zu den seltenen Fällen gehören, wo es ausnahmsweise bereits im Ei zu einer fertigen Polyederausbildung gekommen ist. Normalerweise findet ja die Entwicklung der Polyeder zu ihrer endgültigen Form erst in der wachsenden Raupe, d. h. im wachsenden Gewebe statt, wie dies bereits von TRAGER (1935, nach BERGOLD) nachgewiesen werden konnte, der als erster Polyeder künstlich züchtete, aber nur in gut wachsendem teilungsfreudigem Gewebe. Auch BERGOLD (1943) stellte fest, daß die größte und schnellste Virusvermehrung in den sehr rasch heranwachsenden Raupen stattfindet, weil für jede Virusvermehrung wachsendes Gewebe notwendig ist. Weiterhin entnehme ich der Arbeit von BERGOLD (1943), daß STANLEY die beste Tabak-Mosaik-Virus-Ausbeute in jungen, rasch wachsenden Gewächshauspflanzen und bei der Pflanze selber in den wachsenden Triebspitzen erhielt. Auch beim jungen Räupchen wird daher die eigentliche Polyederentwicklung erst dann einsetzen, wenn es die Eischale verlassen hat. Immerhin aber zeigt das — wenn auch seltene — Vorkommen von Polyedern im Ei, daß tatsächlich eine Keimesübertragung der Polyedrie vorhanden ist, weil es bei der mit aller Sorgfalt durchgeführten Vorbehandlung der Eier, einschließlich ihrer Desinfektion mit Kalilauge, unmöglich war, daß die aufgefundenen Polyeder von außen her in die Präparate hineingeraten sein konnten. An dieser Stelle wäre nochmals zu erwähnen, daß selbst eine vorherige Desinfektion mit Kalilauge oder dergleichen nicht erforderlich erscheint, wenn die Eier unter den beschriebenen sterilen Aufzuchtbedingungen abgelegt worden

sind. Dies mag ein Vergleich der Versuchsserie 3 mit 2 und 4 beweisen, wo ausgerechnet in den letzten beiden vorbehandelten Serien die wenigen Polyeder gefunden werden konnten, die überhaupt zu finden waren. Das Vorkommen von Polyedern im Ei kann also nur als Ausnahmefall gewertet werden. Im allgemeinen werden in den Eiern keine fertigen Polyeder anzutreffen sein.

Statt dessen aber können häufig die frühen Kernveränderungen gefunden werden, die in polyederbefallenen Zellen die ersten Anzeichen für eine stattgehabte Infektion darstellen, nämlich die leuchtende Ringzone der Kerne mit den ersten Anfängen der Polyederbildung. Von einer sehr stark befallenen Thüringer Herkunft, die im Februar des Jahres 1944 im Laboratorium als Prüfversuch angesetzt worden war, wurden die erhaltenen Eier, die nach dem Ausfärben im Kühlschrank bei + 2 ° aufbewahrt worden waren, im November 1944 aufpräpariert und die noch lebenden jungen Räupchen über einem Wassertropfen vorsichtig auseinandergerissen, bis etwas Lymphe in den Tropfen abgeschwemmt war, worauf sie erst als Ganzes zerquetscht wurden. Den mikroskopischen Befund gibt Tabelle 1 in Versuchsserie 1. Selbst in diesen ganz frischen Räupchen aus Eiern des gleichen Jahres waren keine fertig ausgebildeten Polyeder vorhanden, obwohl die Eier vor dem Aufpräparieren nicht desinfiziert worden waren. Aber in den Kernen der ausgeschwemmten Blutzellen konnte überall fast ausnahmslos die leuchtende Ringzone aufgefunden werden, in der Paillot (1928) erstmalig die Vermehrungszone seines Gelbsuchtserregers erkannt und als „anneau miroitant" beschrieben hatte. Letje (1939) konnte diese Erscheinung bestätigen und dahingehend erweitern, daß es sich bei dem leuchtenden Ring um die Summierung einer großen Anzahl der schwach leuchtenden und sich lebhaft bewegenden kleinen Körnchen handelte. Bergold (1943) kam für Nonne und Schwammspinner zu den gleichen Ergebnissen. Alle 3 Forscher haben mit Dunkelfeldbeleuchtung gearbeitet. Unsere Untersuchungen wurden anfänglich ebenfalls mit Dunkelfeld durchgeführt, aber später hauptsächlich mit der neuen Phasenkontrasteinrichtung (Zeiß, nach Zernike), die bei Frischpräparaten so außerordentlich klare und kontrastreiche Bilder liefert, wie es bei Hell- und Dunkelfeld niemals der Fall war (Abb. 5). Hier ist die Blutzelle einer älteren Seidenraupe mit der leuchtenden Ringzone bei Phasenkontrastbeleuchtung dar-

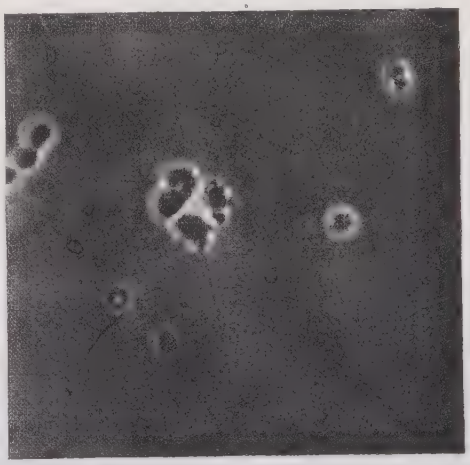


Abb. 5. Räupchen im Ei: Blutzellen mit leuchtender Ringzone und kleinsten Polyedern als erste Anfänge der Polyederbildung (Seidenraupe)
Photo nach Phasenkontrast-Beobachtung

gestellt. Da die Blutzellen aus den jungen Räupchen genau so aussehen, nur kleiner sind, habe ich von der Wiedergabe einer zweiten photographischen Darstellung abgesehen. Deutlich ist im Phasenkontrast der helle Ring zu erkennen, in dem sich schon vereinzelte kleine Polyeder gebildet haben, und damit ist an einem Vorhandensein des Polyedererregers im Ei wohl nicht mehr länger zu zweifeln. Dieser Befund schließt den Kreislauf der Eiübertragung von einer Generation auf die andere, denn die Ausbildung der leuchtenden Ringzone in den Kernen der jungen Räupchen im Ei ist nur dann möglich, wenn der Erreger bereits vom Eltertier her dem Ei mitgegeben worden ist: mit der Ausbildung der leuchtenden Ringzone und Einschluß des Erregers in kleinen Polyedern setzen die ersten Abwehrreaktionen des Organismus ein, soweit dieser im geschlossenen Ei dazu schon in der Lage ist. Bei Ausstrichen von ganz frischen Eiern lassen sich übrigens nach 1—2stündiger Färbung mit Viktoriablau lose Gruppen von kleinen Körnchen sichtbar machen, die mit den kleinen Erregern identisch sein mögen. Wieweit sie im Ei ausschließlich in solchen Anhäufungen vorkommen oder auch in einzelner Verteilung, ist bei der Kleinheit des Objektes hier natürlich ebensowenig zu entscheiden wie im Faltergewebe. PAILLOT (1928) konnte diese Körnchen in Eigelegen von Faltern beobachten, die er mit gelbsüchtigem Blut infiziert hatte: wenn er die abgelegten Eier dann nach einigen Tagen untersuchte, konnte er die gleichen leuchtenden Körnchen wiederfinden wie im injizierten gelbsüchtigen Blut. LETJE (1939) will die leuchtenden Körnchen dagegen auch im Blute gesunder Raupen gefunden haben. Nach den Erfahrungen jedoch, die wir mit „gesunden" Seidenraupen gemacht haben (siehe später), bin ich nicht unbedingt sicher, daß LETJE auch wirklich mit gesunden Tieren gearbeitet hat, denn scheinbar vorhandene äußere Gesundheit verbürgt noch gar nicht immer wirkliche Gesundheit, wie im Kapitel über Versuche mit Seidenraupen näher ausgeführt werden wird. —

Durch Untersuchungen an Puppen, Faltern und Eiern bei Nonnen und Seidenspinnern konnte erstmalig nachgewiesen werden, daß die Übertragung der Polyederkrankheit von einer Generation auf die andere im Ei erfolgt. Die hierfür ermittelten Beweise seien noch einmal kurz zusammengefaßt:

1. konnte festgestellt werden, daß während der allgemeinen Puppenlyse die von der Raupe in die Puppe übernommenen Polyeder abgebaut oder aufgelöst (lysiert) werden, wie typische Brüche bis zum Zerfall in Restkörper erkennen ließen. Dabei werden die im Polyeder enthaltenen kleinen Inhaltskörnchen frei, die mit dem Erreger identisch sind und Elementarkörper vom Charakter eines hochmolekularen Virus darstellen;
2. konnten Polyederauflösungen künstlich in Puppenlymphe nachgeahmt werden;

3. traten Polyederauflösungen ebenfalls auf, wenn Polyeder in Präpuppen oder frische Puppen injiziert wurden;
4. konnten auf Ausstrichen von Puppenlymphe mit Polyedern in ersten Auflösungsstadien durch zweistündige Viktoriablaufärbung die aus den Polyedern heraustretenden Elementarkörnchen färberisch dargestellt werden;
5. schienen Elementarkörperchen ebenfalls in den Ovarialendzellen der Falter vorhanden zu sein. Im Fettgewebe des Falters ließen sich Restkörperchen von zerfallenen Polyedern nachweisen;
6. konnten in Eiern und herauspräparierten Räupchen im allgemeinen keine Polyeder aufgefunden werden. Diese waren ja auch bereits in der Puppe aufgelöst worden;
7. fanden sich statt dessen aber in Eiern und herauspräparierten Räupchen lose Zusammenballungen von kleinen Körnchen, die wahrscheinlich mit den Elementarkörperchen identisch sind und durch Färbungen mit Viktoriablau sichtbar gemacht werden konnten;
8. konnte als wichtigster Beweis neben der Auflösung der Polyeder in der Puppe bereits in den Kernen von Blutzellen junger, aus dem Ei herauspräparierter Räupchen die leuchtende Ringzone mit kleinsten und kleinen Polyedern als erste Anfänge der Polyederbildung nachgewiesen werden.

Mit der Tatsache der Übertragung der Polyedrie i m Ei ist es nunmehr auch erklärlich, warum Versuche zur äußeren Desinfektion von Eiern mit dem Ziel, gesunde Aufzuchten zu erhalten, fehlschlagen müssen, wenn die Eier in ihrem Innern bereits von den Eltern her natürlich verseucht sind. So konnte Janisch (1942) bereits — siehe auch S. 7 — bei natürlich kranken Nonnenraupen trotz vorheriger Desinfektion mit den verschiedensten Mitteln keine Gesundung der Herkünfte erzielen, sondern erhielt hohe Prozente von Polyedertoten (53 % nach 2′ KOH 2 %, 49 % nach 2′ Formalin 2 % und 52 % nach Trichloressigsäure 30 %), die der Polyedersterblichkeit der unbehandelten Kontrolle mit 48 % entsprachen. In zwei weiteren Versuchen konnte Janisch bei einer vorherigen Behandlung mit Trichloressigsäure zwar eine wesentliche Verminderung der Polyedersterblichkeit mit 61, bzw. 81 % der unbehandelten Kontrollen auf 9, bzw. 35 % der vorbehandelten Eier erzielen, aber zu einer völligen Gesundung kam es auch hier nicht. Bergold (laut brieflicher Mitteilung) glaubte, daß derartige Todesfälle nach Trichloressigsäurebehandlung als Sekundärinfektionen erklärt werden könnten, ähnlich wie dies von Letje (1939) geschehen ist, der die in seinen Versuchen vereinzelt vor dem Einspinnen auftretenden Gelbsuchtfälle als Neuinfektionen im Raupenstadium bezeichnet hatte (siehe auch S. 26). Die von Janisch (1942) nach Trichloressigsäurebehandlung erhaltenen Todesfälle waren jedoch mit 9, 35 und 52 % zu hoch, um als Sekundärinfektionen genügend erklärt zu sein, und ich habe daher in eigenen Desinfektionsversuchen

1943 in Dahlem und vor allem 1944 in unserer Ausweichstelle Eisgrub (C. S. R.), wo noch niemals mit Nonnen und Seidenraupen, geschweige denn mit deren Polyederkrankheiten gearbeitet worden war, diese einander entgegenstehenden Versuchsergebnisse einer nochmaligen Prüfung unterzogen. Naturgemäß erscheint hier BERGOLD (1942, 1943), in dessen Arbeiten die Auffassung von der Übertragung der Polyedrie durch äußere Eischalenverschmutzung und einer damit verbundenen Möglichkeit zur Desinfektion der Eier ihren letzten großen Niederschlag gefunden hat, in vorliegender Arbeit, die zu gänzlich anderen Ergebnissen geführt hat, auch am stärksten diskutiert.

Folgende Beobachtungen waren es, auf die BERGOLD (1943) seine Überzeugung vornehmlich stützte: Er fand 1. sowohl bei gezüchteten als auch bei Freilandfaltern aus allen Teilen Deutschlands immer eine sehr starke äußerliche Verschmutzung mit Polyedern; 2. fand er in Eiabschwemmungen von *Dendrolimus pini* und Schwammspinnerfaltern, die eine späte künstliche Raupeninfektion überstanden hatten, viele typische *Dendrolimus*- und Schwammspinnerpolyeder; und 3. konnte er viele Nonnenpolyeder von einem Eigelege abschwemmen, das aus einem stark mit Polyedrie verseuchten Nonnenmassenauftreten stammte.

Im Hinblick auf diese Beobachtungen BERGOLDS (1943) wurden zunächst einmal einzelne Eischalen und auch Abschwemmungen von Eiern solcher Herkünfte untersucht, die bei steriler Aufzucht zu mindestens 50 % an Polyedrie eingegangen waren. Die dazu ausgewählten Herkünfte stammten aus schwer heimgesuchten Thüringer Befallsgebieen, in denen die Falter eigenhändig von uns in die bereits beschriebenen sterilen Fanggefäße eingesammelt worden waren. Obgleich die abgelegten Eier vor ihrem Ansatz nicht desinfiziert worden waren, konnte bei mikroskopischer Prüfung im Gegensatz zu den erwähnten Angaben BERGOLDS (1943) bei 190 Untersuchungen einzelner Eischalen kein einziger Polyeder aufgefunden werden. Wohl waren Bakterien mit 37,4 % vorhanden, und es waren Hefen und Pilzsporen zu finden, die im Dunkelfeld sehr stark an Schwammspinnerpolyeder erinnerten; aber Polyeder fanden sich nicht, weder im Hellfeld, noch im Dunkelfeld, noch bei Phasenkontrastbeleuchtung (Tabelle 2).

Tabelle 2

Zahl der Eischalen	o. B., teilweise mit Hefen und Pilzsporen	B + u. B ++ − +++ 1 Bz ++++	Polyeder
190	119 = 62,6 %	71 = 37,4 %	0

Die gleichen Ergebnisse lieferten Abschwemmungen von Eischalen und nicht geschlüpften Eiern, die durch Gaze filtriert und abzentrifugiert worden waren (BERGOLD 1943). Eine solche Abschwemmung von der sehr kranken Herkunft Schleusingen zeigte wiederum keinen Polyeder, obwohl die Aufzucht bei einer Gesamtsterblichkeit von 100 % zu 54,5 % an Polyedrie zugrunde gegangen war. Es waren lediglich wieder Hefen,

Bakterien und vor allem eine ungeheure Menge Pilzsporen festzustellen. Abschwemmungen von Eiern einer ebenso kranken Dietzhausener Herkunft brachten dasselbe Ergebnis. Eier sind also keinesfalls „immer" sehr stark äußerlich mit Polyedrie verseucht. Als wichtigstes Ergebnis dieser Eischalen- und Abschwemmungsuntersuchungen erscheint mir jedoch die Tatsache, daß Raupenaufzuchten zu mindestens 50 % an Polyedrie sterben können, ohne daß ihre Eischalen einen einzigen oberflächlich anhaftenden Polyeder aufzuweisen brauchen: Die Polyedersterblichkeit scheint mithin nicht unbedingt daran gebunden und ein äußeres Anhaften von Polyedern auf der Eioberfläche nach diesen Befunden wohl immer nur zufällig zu sein.

Diese Feststellung wird nun weitgehend gestützt durch die Ergebnisse aus den Eidesinfektionsversuchen, die schon ESCHERICH und MIYAJIMA (1911) als stärksten experimentellen Beweis für die „Vererbbarkeit" der Polyedrie gefordert hatten. Um die Resultate meiner Versuche vorwegzunehmen, so erbrachten Aufzuchten von Eiern aus natürlich kranken Herkünften — ebenso wie bei JANISCH (1942) — trotz vorheriger Desinfektion mit den verschiedensten Mitteln immer hohe Ausfälle an Polyedertoten, die meistens dem natürlichen Krankheitsbefall, d. h. den Kontrollen, entsprachen.

Auf Grund von Populationsanalysen (ROEGNER-AUST, im Druck) wurden zu den Eidesinfektionsversuchen die beiden kränksten Herkünfte der Prüfversuche 1943 ausgewählt, und zwar die Herkunft Keulrod/Thür. mit einer Gesamtsterblichkeit von 97,6 % bei einer Polyedersterblichkeit von 82 % und die ebenfalls sehr kranke Herkunft Oberstadt/Thür. mit einer Gesamtsterblichkeit von 79,7 % bei einer Polyedersterblichkeit von 67,8 %. Die Eier wurden vor dem Ansatz 15 Minuten in 30prozent. Trichloressigsäure gebadet (BERGOLD 1942, 1943), ausgewaschen und über Wasser (JANISCH 1933) angesetzt (Tabelle 3).

Tabelle 3

Herkunft	Zahl der Tiere	ohne Befund tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamtanzahl tot %	davon Mischinfektionen %	Falter %
Nonne Keulrod, Eier Tri vorbehandelt, angesetzt 14. 4. 43	203	18,7	18,7	28,1	64,6	6,8	34
Nonne Keulrod, unbehandelte Kontrolle, angesetzt 14. 4. 43	202	31,7	44,1	22,8	97,5	11,3	1,47
Nonne Oberstadt, Eier Tri vorbehandelt, angesetzt 19. 6. 44	144	36,2	29,9	32	97,9	58,4	2,4
Nonne Oberstadt, unbehandelte Kontrolle, angesetzt 19. 6. 44	135	32,6	22,9	43,7	99,4	60	0,7

Bei keinem der beiden Versuche konnte die Polyedersterblichkeit durch die vorherige Desinfektion mit Trichloressigsäure verhindert werden, wenn auch bei Oberstadt eine Verminderung um 11,7 % zu verzeichnen war. Bei Keulrod wurde dagegen lediglich die Sterblichkeit der Schwäche- und Bakterientoten herabgesetzt, während die der Polyedertoten sogar eine Erhöhung um 5,3 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle erfahren hatte.

Weitere Versuche mit Trichloressigsäure, zu denen allerdings keine unbehandelten Kontrollen angegeben werden können, da die Tiere ursprünglich für Infektionsversuche bestimmt gewesen waren, zeigten trotz der desinfizierenden Vorbehandlung ihrer Eier Polyedertote in einer Höhe von 10—100 % (Tabelle 4). Nonne Zehlendorf (unterste Reihe) stellt den einzigen Fall unter meinen Versuchen dar, wo nach Trichloressigsäurebehandlung der Eier kein Ausfall an Polyedertoten auftrat; doch kann dieses Ergebnis nicht allzu hoch bewertet werden, da nur 4 Tiere im Versuch waren, und da die Herkunft Zehlendorf eine der gesundesten Herkünfte überhaupt gewesen ist.

Tabelle 4

Herkunft und Versuchsnummer Eier Tri vorbehandelt	Zahl der Tiere	ohne Befund tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamtanzahl tot %	Falter %
Nonne Lobenstein, 27/1	10	10	0	10	20	80
„ „ 27/10 . . .	9	0	11,1	88,9	100	0
Nonne Dietzhausen, 28/1 . . .	10	10	10	50	70	30
„ „ 29/1 . . .	10	0	10	60	70	30
„ „ 30/1 . . .	15	6,67	0	93,37	100,04	0
„ „ 30/6 . . .	9	0	0	100	100	0
Nonne Zehlendorf, 31/6	4	0	25	0	25	75

Alle diese Ergebnisse beweisen eindeutig, daß Eidesinfektionen mit Trichloressigsäure (BERGOLD 1942, 1943) bei natürlich infizierten Herkünften keine gesunden Aufzuchten ergeben. Die Ergebnisse von JANISCH (1942) mußten damit bestätigt werden.

Bei der sehr gesunden Herkunft Lobenstein/Thür., die im Prüfversuch 1943 nur 4,3 % Polyedertote bei einer Gesamtsterblichkeit von 27,7 % aufgewiesen hatte, war bei einem erneuten späteren Ansatz Ende Mai trotz Desinfektion der Eier mit Trichloressigsäure eine hohe Polyedersterblichkeit von 72,5 % bei einer Gesamtsterblichkeit von 100 % aufgefallen. Um die Ursache für diesen Unterschied bei frühem und bei spätem Ansatz aufzuklären, der auch schon von ZWÖLFER (1933) in ähnlicher Weise beobachtet worden war, wurden im Jahre 1944 zwei Herkünfte mit einer geringen natürlichen Frühjahrssterblichkeit ohne Vorbehandlung ihrer Eier zu einem späteren Termin noch einmal angesetzt: Die Ergebnisse zeigten wieder — auch ohne vorherige Trichloressig-

säurebehandlung — ein außergewöhnliches Ansteigen der Sterblichkeit beim Herbstansatz (Tabelle 5).

Tabelle 5

Herkunft	Zahl der Tiere	Schwäche tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamtanzahl tot %	Falter %
Nonne Oberstadt, angesetzt 16. 2. 44	79	0	6,3	2,5	8,8	91,2
Nonne Oberstadt, geschlüpft 10. 7. 44	99	34,3	34,4	29,3	98	2
Nonne Schleusingen, angesetzt 16. 2. 44	96	0	18,8	5,2	24	71,8
Nonne Schleusingen, angesetzt 5. 10. 44	55	3,7	41,8	54,5	100	0

Da die Eier völlig steril im Kühlschrank gelagert und bei Eischalenuntersuchungen keinen einzigen äußerlich anhaftenden Polyeder aufgewiesen hatten, und da außerdem bei allen Zuchten gleichbleibend mit Eicheln gefüttert worden war, kann als Ursache hierfür m. E. nur eine Schädigung des physiologischen Gesundheitszustandes in Frage kommen, der durch die lange Überlagerung der Eier im Kühlschrank gelitten hat (Roegner-Aust, im Druck). — Wichtige Versuche, wie z. B. Prüfversuche für Prognosen, Infektions- und Giftversuche, sollten daher im Frühjahr durchgeführt werden.

Aus der mit Trichloressigsäure vorbehandelten Aufzucht Keulrod 1943 (vgl. Tabelle 3) konnten 53,4 % Falter und von diesen in sterilen Wasserschalen Eimaterial gewonnen werden; dieses wurde steril im Kühlschrank aufbewahrt und im März 1944 in unserer Ausweichstelle Eisgrub nach Einzelweibchengelegen getrennt zum Schlüpfen angesetzt. Das Schlüpfergebnis war gering, wie man es häufig bei Laboratoriumszuchten findet; darüber hinaus aber zeigten die Zuchten das gewohnte Bild einer hohen Sterblichkeit: Denn bei einer Gesamtsterblichkeit der einzelnen Gelege von 72,5, 100 und 48 % betrug die Polyedersterblichkeit 60, 95,5 und 28 % (Tabelle 6).

Tabelle 6

Herkunft	Zahl der Tiere	ohne Befund tot %	Bakterien tot %	Polyeder tot %	Gesamtanzahl tot %	davon Mischinfektionen %	Falter %
Nonne, Keulrod, Nachzucht	40	0	12,5	60	72,5	22,5	25,3
dasselbe	22	0	4,55	95,5	100	31,8	0
dasselbe	25	4	16	28	48	28	52

Selbst wenn man — trotz größter Sorgfalt — Sekundärinfektionen annehmen will, so dürfte eine solch hohe Sterblichkeit bei Nachzuchten einer mit Trichloressigsäure vorbehandelten Herkunft unmöglich vorkommen, wenn die desinfizierende Behandlung gesunde Falter ergeben hätte (BERGOLD 1942, 1943). Mögen daher durch äußere Desinfektionen der Eier auch alle äußerlich an den Eiern anhaftenden Krankheitskeime inaktiviert werden, wie nach der Verringerung der Absterbeprozente, vornehmlich bei Schwäche- und Bakterientoten, ohne weiteres angenommen werden muß, so müssen darüber hinaus aber weitere Krankheitskeime i m Tier, d. h. i m Ei vorhanden sein, die von einer äußeren Desinfektion der Eier nicht berührt werden. Für Sekundärinfektionen jedenfalls sind die Totenprozente bei den angewandten sterilen Arbeitsmethoden in unverseuchten Arbeitsräumen zu hoch.

Danach ist es auch gleichgültig, ob zu Eidesinfektionen Kalilauge (JANISCH 1936) oder Formalin (LETJE 1939) oder Trichloressigsäure (BERGOLD 1942, 1943) benutzt wird. Jedes Mittel mußte dann Erfolg haben, wenn zufälligerweise mit einer gesunden Herkunft gearbeitet worden war. Erfolge bei derartigen Herkünften führen daher zu Trugschlüssen, wie JANISCH (1942) an natürlich kranken Herkünften selbst noch feststellen konnte.

Der Vollständigkeit halber sei noch ein Versuch mit Kalilauge angefügt: Eier von derselben kranken Herkunft Keulrod/Thür., die auch zu den Trichloressigsäureversuchen benutzt worden war, wurden 2 Minuten lang in 2prozent. Kalilauge gebadet und danach in Wasser abgewaschen (JANISCH 1936). Das Versuchsergebnis (Tabelle 7) läßt erkennen, daß auch die Kalilauge, ebensowenig wie die Trichloressigsäure, eine Gesundung bei natürlich kranken Herkünften herbeiführen kann. Sie ist damit weder schlechter noch besser als die Trichloressigsäure, zumal auch hierbei eine geringfügige Verbesserung der Polyedersterblichkeit um 15 % auftrat.

Tabelle 7

Herkunft	Zahl der Tiere	ohne Befund tot	Bakterien tot	Polyeder tot	Gesamtanzahl tot	davon Mischinfektionen	Falter
		%	%	%	%	%	%
Nonne Keulrod, Eier KOH vorbehandelt, angesetzt 6. 7. 43	105	14,3	38,1	44,8	97.4	47,7	2,86
Nonne Keulrod, unbehandelte Kontrolle, angesetzt 6. 7. 43	117	11,1	25,6	59,9	96,6	53,9	3,4

Eine kurze Zusammenstellung der Ergebnisse, die aus den Desinfektionsversuchen gewonnen werden konnten und wieder gegen einen Infektionsweg a m Ei, wohl aber für eine Übertragung i m Ei sprechen, umfassen folgende Beweispunkte:

1. konnte bei 190 Untersuchungen einzelner Eischalen von 8 Nonnenaufzuchten, die jede zu mindestens 50 % an Polyedrie gestorben war, kein einziger Polyeder gefunden werden.
2. Abschwemmungen von Eischalen und nicht geschlüpften Eiern der Herkunft Schleusingen, die zu 54,5 % an Polyedrie gestorben war, sowie bei der ebenso kranken Herkunft Dietzhausen ließen ebenfalls keinen Polyeder erkennen.
3. Versuche zur oberflächlichen Desinfektion von Eiern schlugen fehl, und zwar sowohl mit Trichloressigsäure, als auch mit Kalilauge:
   a) Aufzuchten der natürlich stark verseuchten Herkunft Keulrod zeigten trotz Desinfektion mit Trichloressigsäure 28,1 % Polyedertote. (Kontrolle 22,8 % P-Tote.)
   b) Aufzuchten der ebenfalls sehr kranken Herkunft Oberstadt zeigten trotz Trichloressigsäure-Vorbehandlung 32 % P-Tote. (Kontrolle 43,7 % P-Tote.)
   c) Aufzuchten der kranken Herkünfte Lobenstein und Dietzhausen lieferten trotz Trichloressigsäure-Vorbehandlung 10, 88,9, 50, 60, 93, 37 und 100 % P-Tote. (Keine Kontrollen.)
   d) Ein weiterer Versuch Lobenstein zeigte trotz Trichloressigsäure-Vorbehandlung 72,5 % P-Tote.
4. Die natürliche Polyedersterblichkeit von Aufzuchten nimmt nach langem Überlagern der Eier zu:
   a) Aufzuchten der Herkunft Oberstadt zeigten
      bei Frühansatz (16. Februar 1944) . . . . 2,53 % P-Tote,
      bei Spätansatz (10. Juli 1944) . . . . . 29,3 % P-Tote.
   b) Aufzuchten der Herkunft Schleusingen zeigten
      bei Frühansatz (16. Februar 1944) . . . . 5,21 % P-Tote,
      bei Spätansatz (15. Oktober 1944) . . . . 54,5 % P-Tote.
5. Nachzuchten der unter 3 a angeführten mit Trichloressigsäure vorbehandelten Herkunft Keulrod zeigten 60 %, 95,5 % und 28 % P-Tote.
6. Aufzuchten der Herkunft Keulrod brachten trotz Vorbehandlung mit Kalilauge 44,8 % P-Tote. (Kontrolle 59,8 % P-Tote.)

Versuche mit Seidenraupen

In Ergänzung obiger Versuche mit anfälligen Nonnen wurden vergleichende Untersuchungen bei Seidenspinnern durchgeführt, die seit 1938 keinen klinischen Befall mit Gelbsucht gezeigt hatten (vgl. S. 11).

Auf Grund der seit 1848 bekannten Tatsache, daß es bei Seidenraupen „gesunde" und „anfällige" Herkünfte gibt, wurde auch bei diesen der natürliche Gesundheitszustand geprüft, indem Blutzellen auf ihren Befall mit Polyedrie untersucht wurden. Dabei zeigte sich, daß 80 % aller untersuchten Raupen in den Kernen ihrer Blutzellen die leuchtende Ringzone mit kleinsten bis mittelgroßen Polyedern besaßen (Abb. 5). Polyedrie kann also seit Jahren in einer Herkunft vorhanden sein und von Generation zu Generation weitergegeben werden, ohne zum Aus-

bruch kommen zu müssen. Die untersuchten Raupen verpuppten sich und lieferten Falter, welche Eier in normaler Menge ablegten. —

Futterinfektion mit Bm-Polyedern führten bei Seidenraupen gleicher Herkunft zu einer Sterblichkeit von etwa 50 %. Von den überlebenden Raupen wurden 20 klinisch gesunde und kurz vor dem Einspinnen stehende auf ihren Blutbefund untersucht: 85 % von ihnen zeigten wieder die leuchtende Ringzone mit kleinen bis mittelgroßen Polyedern in den Kernen. (Ähnliche Beobachtungen nach künstlichen Infektionen sind bereits von PAILLOT [1928], LETJE [1939] und BERGOLD [1943], von letzterem auch bei Nonnen- und Schwammspinnerraupen gemacht worden.) 1 Raupe = 5 % erwies sich ohne Befund, bei 1 Tier war die Blutentnahme mißglückt und 1 Tier zeigte vorwiegend Bakterien frei im Blut, dazu kleine Polyeder in der leuchtenden Ringzone. Diese Raupe starb am nächsten Tage und zeigte als Befund im Gewebe ziemlich starken Polyeder- und Bakterienbefall, ein Zeichen dafür, daß ein geringer Polyederbefall in den Blutzellen mit einem sehr viel stärkeren Befall im Gewebe einhergehen kann. Ins Blut gelangen die Polyeder auch nach meinen Beobachtungen anscheinend erst zuletzt (PAILLOT 1928, LETJE 1939, HEIDENREICH 1940, BERGOLD 1943). Die untersuchten 85 % Raupen verpuppten sich und lieferten 58,9 % Falter, welche Eier in normaler Menge ablegten. Von den nicht geschlüpften und abgestorbenen Puppen konnte folgender mikroskopischer Befund gewonnen werden: 1. B ++++ (noch Raupe); 2. P++++ teilweise lysiert, B ++ (noch Raupe); 3. P+++ wenige lysiert, B ++++ (noch Raupe) und 4. P +++ teilweise lysiert, Urate ++++ (bereits Puppe). Die nach Beendigung der Eiablage zerriebenen 6 weiblichen und 5 männlichen Falter zeigten Urate und Bakterien, aber keinen Polyeder mehr. Eine Futterinfektion braucht also keineswegs zum Tode zu führen; und trotzdem sind die überlebenden Tiere nicht gesund, wie z. B. BOLLE (1898) und KOMAREK und BREINDL (1924) angenommen hatten, sondern werden zu Trägern der Polyedrie für die nächste Generation.

Wenn LETJE (1939) bei seinen Desinfektionsversuchen mit Seidenspinnereiern bei Anwendung von Formalin Erfolg hatte, dann dürfte dieses ebenso, wie bei den ersten Versuchen JANISCHS (1936), auf den natürlich guten Gesundheitszustand seiner Versuchstiere zurückzuführen sein, denn in keinem seiner Kontrollversuche überstieg die Anzahl der Polyedertoten die geringe Höhe von 2,58 % (eine Umrechnung der von ihm angegebenen Zahlen in Prozente erschien mir aus Vergleichsgründen praktischer). Daß er bei künstlicher Infektion der Eier mit gelbsüchtigem Blute selbstverständlich einen hohen Ausfall an Polyedertoten erhalten mußte (49 und 88 %), und daß bei nachfolgender Desinfektion wiederum nur wenige Polyedertote auftraten (4,76, 0 und 1 %), ist nunmehr völlig erklärlich, zumal diese Todesfälle durchaus im Rahmen der natürlichen Polyedersterblichkeit verblieben, ja, sogar mit 4,76 % trotz Formalinbeizung, unverhältnismäßig hoch waren. LETJE selbst hielt

darum auch einen Zusammenhang dieser Gelbsuchtfälle mit der vorher durchgeführten künstlichen Infektion der Eier für unwahrscheinlich, da die Tiere außerhalb der Inkubationszeit eingegangen waren, und suchte solche Abgänge, die trotz Formalinbeizung aufgetreten waren, als „Neuinfektionen" im Raupenstadium zu erklären.

Auch Letje (1939) mußte bei Seidenraupen, ebenso wie ich bei Nonnen, in Herbstzuchten eine größere Krankheitsbereitschaft feststellen als in Frühjahrszuchten. Entsprechend dem geringeren natürlichen Befall seiner Seidenraupen konnte auch nur eine geringe Anzahl von Todesfällen auftreten, wie Tafel 37 mit 0,98 und 1,49 % gegenüber 2,58 % und Tafel 38 mit 0,13 % gegenüber 1,44 % zeigt, während bei den von mir benutzten sehr viel anfälligeren Nonnen auch sehr viel größere Unterschiede zu verzeichnen waren (vgl. Tabelle 5).

Die Übertragung der Bakterien

Bakterien sind bei Nonnen, Seidenraupen und Schwammspinnern schon von Hofmann (1891), v. Tubeuf (1892), Krassilshtshik (1896), Wahl, Eckstein (1910), Sasaki (1910), Wolff (1910), Knoche (1912, 1922), Glaser und Chapman (nach Escherich), Heidenreich (1940) und Janisch (1942) gesehen worden. Insbesondere Knoche konnte bei einem Teil seiner Polyederinfektionsversuche bei Nonnen ein vorzeitiges Sterben durch massenhafte Stäbchenbakterien, desgleichen Kokken, feststellen, wobei in zuerst gestorbenen Tieren die Stäbchenbakterien, später die Kokken überwogen. Die Tiere erschienen äußerlich wipfelkrankverdächtig, waren aber infolge Bakterieninfektion gestorben. Janisch (1942) weist dann endgültig nach, daß es bei Nonnen eine der Wipfelkrankheit klinisch ähnliche, aber von Bakterien verursachte Krankheit gibt, für die er den Namen „Schlaffsucht" im Gegensatz zu der mit dem Auftreten von Polyedern verknüpften Wipfel- oder Polyederkrankheit wählt. Als Erreger der Schlaffsucht konnte Janisch einen sporenbildenden Bazillus, B 1, und ein nicht sporenbildendes Bakterium, B 2, isolieren und ihre Pathogenität für Nonnenraupen sicher nachweisen. Er vermutet jedoch, daß noch weitere Erreger hinzukommen. Da die Krankheitsbilder von B 1 und B 2 einander ähnlich sind, hielt Janisch es nicht für zweckmäßig, getrennte Namen je nach dem Erreger einzuführen, sondern den Namen Schlaffsucht als Sammelnamen für alle die durch Bakterieninfektion verursachten Krankheiten, die äußerlich wie die Polyedrie verlaufen, anzuwenden. Auch beim Seidenspinner sei ja der Name Schlaffsucht ein Sammelbegriff. Mit dieser Tatsache von polyederähnlichen Bakterieninfektionen erhalten die ersten Forscher, insbesondere v. Tubeuf, eine gewisse Bestätigung ihrer Beobachtungen.

Da hinsichtlich der Übertragung der Bakterien von Generation zu Generation ebenfalls eine Infektion im Ei anzunehmen war, wurden Eier bzw. herauspräparierte Räupchen, neben Polyedern auch auf das Vorkommen von Bakterien untersucht. Tabelle 1 (1—4) läßt erkennen,

daß Bakterien — besonders B 2 — überall zu finden sind, und zwar in geringer Menge bei frischen Sommereiern (14,8 %), in größerer Menge bei Eiern, die ein Jahr im Kühlschrank gelagert hatten (44,2 %), und endlich in sehr hohen Befallstärken (68,3 und 72 %) bei Räupchen, die als Spätzucht angesetzt, aber nicht mehr geschlüpft waren. Neben der Tatsache ihres Vorhandenseins überhaupt deutet diese zunehmende Menge auf eine starke Vermehrungsfähigkeit innerhalb des Eies bei längerem Lagern hin. Während der B 2 ohne weiteres isoliert werden konnte, ist B 1 in den Eiern nicht als großes Stäbchen, sondern nur in Form seiner Sporen vorhanden. Auch bei der Bakterienübertragung wird also auf die kleinste Form des Erregers zurückgegriffen. Aus den Sporen konnte das Stäbchen dann in Reinkultur gezogen werden, und wurde, ebenso wie B 2, auf seine Pathogenität geprüft. — Diese Versuche konnten jedoch zu keinem Abschluß mehr gebracht werden und bedürfen daher noch weiterer Ermittlungen.

Während der Häutungstod von Raupen bisher (z. B. ACQUA 1937, HEIDENREICH 1940) ausschließlich mit der Polyederkrankheit in Zusammenhang gebracht wurde, scheint nach unseren Ermittlungen eine Bakterieninfektion die Ursache dafür zu sein. So waren z. B. in einer Nonnenaufzucht der Herkunft Schleusingen/Thür. 8 Raupen während der Häutung eingegangen. Die Sterblichkeitsbefunde ergaben:

4 IV Htg. tot: B +++,
1 IV „ „ B ++++,
1 IV „ „ B +++, P +,
1 IV „ „ B ++, P +++,
1 V „ „ B ++.

Mit Ausnahme einer Raupe IV, die mit B ++, P +++ vorwiegend an Polyedern gestorben war, waren also alle anderen einem Bakterientod zum Opfer gefallen. Und ebenso wie hier war es in sämtlichen anderen Versuchen. Eine Zusammenstellung der Befunde aus den 12 Herkünften des Prüfversuches 1944 in Eisgrub ergab, daß insgesamt 61 von 1378 Raupen dieser Versuche = 4,43 % in der Häutung gestorben waren, und zwar 14 Raupen I, 13 Raupen II, 4 Raupen III, 7 Raupen IV und 23 Raupen V. Das Schwergewicht der Sterblichkeit bei Häutungsstadien liegt also in den Stadien I und II einerseits und im Stadium V bzw. bei Altraupen andererseits. Von diesen 61 während der Häutung gestorbenen Raupen gingen zusammen 51 = 83,5 % an einem ausgesprochenen Bakterientod zugrunde, allerdings meist in Mischinfektion mit Polyedrie in geringer Befallstärke (P + oder P ++); 6 weitere Raupen = 9,85 % starben an Mischinfektionen von Polyedern und Bakterien in gleicher Befallshöhe und 1 Raupe = 1,64 % starb ohne Befund. Diese Ergebnisse sprechen nicht dafür, den Häutungstod auch fernerhin noch als ausschließlichen Polyedertod zu betrachten, doch müßten auch hierüber endgültige Feststellungen noch getroffen werden.

Praktische Schlußfolgerungen

Mit der aus Puppen-, Falter-, Ei- und Eischalenuntersuchungen nachgewiesenen Übertragung des Polyedererregers im Ei lassen sich alle Erscheinungen im Massenwechsel forstlicher Schadinsekten auf eine einfache und natürliche Art und Weise erklären, selbst solche Beobachtungen und Versuchsergebnisse, deren Deutung bisher auf Schwierigkeiten gestoßen war.

Es ist allgemein bekannt, daß bei einer Kalamität erst nach zwei-, drei- oder vierjähriger Fraßzeit der Raupen plötzlich die Polyederkrankheit mit epidemischer Heftigkeit auftritt, um dann innerhalb ganz kurzer Zeit eine ungeheure Menge von Raupen dahinzuraffen (Wahl, Böhm, Putscher, Knoche, Escherich, Wellenstein u. a.). Alle möglichen Erklärungen sind für diese schlagartig einsetzenden Katastrophen herangezogen worden, wie Aufnahme virushaltiger Luft in die Tracheen, Aufnahme von verseuchtem Futter oder Überkriechen verseuchter Bodenstreu, Infektion durch Kannibalismus der Raupen, Übertragung des Virus durch parasitische Schlupfwespen, durch die äußere Verschmutzung der Eischale und endlich durch chemisch-fermentative oder rein autochthone Bildung von Einschluß- und Elementarkörperchen. Alle diese Infektionsmöglichkeiten von Individuum zu Individuum, die keineswegs gering veranschlagt werden sollen, brachten aber immer noch keine restlose Erklärung. Zudem konnte Janisch in noch unveröffentlichten Versuchen feststellen, daß sich 1. gesunde Tiere an künstlich infizierten auch bei engstem Zusammenleben nicht immer ansteckten, und daß 2. trotz Anwesenheit eines großen Tropfens hochkonzentrierter angetrockneter Polyederlösung in den Versuchsschalen durchaus nicht immer Todesfälle an Polyedrie auftraten, auch wenn die Tiere dauernd über diesen Fleck hinwegkrochen. Die Ansteckungsgefahr der Raupen untereinander und an verseuchten Ästen und Baumstämmen beim bloßen Überkriechen kann also kaum so groß sein, wie man ursprünglich angenommen hatte. Dagegen spielt die Infektion durch den Darmkanal beim Fressen von verseuchtem Futter sicher eine große Rolle; und doch erklärt auch diese nicht das schlagartige Auftreten der Polyedrie als Seuche. Da die äußere Eischalenverschmutzung mit vorliegenden Untersuchungen als nur zufällig erwiesen werden konnte, und da vor allem Todesfälle auch ohne äußere Verschmutzung der Eischalen auftreten, bleibt zur befriedigenden Erklärung der Polyederseuche im Walde nur die Übertragung von Generation zu Generation im Ei übrig.

Schon Escherich und Myiajima (1911) hatten das Vorhandensein eines latenten Krankheitsstadiums angenommen, das unter dem Einfluß von Außenfaktoren in die akute Form übergeführt werden sollte. Ähnlich dachte Ruczicka (1927). Komarek (nach Escherich 1931) beobachtete eine Virulenzsteigerung der Polyedrie in aufeinanderfolgenden Jahren, und Glaser (nach Escherich 1931) versuchte, durch Passageimpfung den experimentellen Nachweis dafür zu erbringen. All diese Erscheinungen können durch die Übertragung der Polyedrie im Ei nun-

mehr ohne Schwierigkeiten erklärt werden. Auch die langsame Zunahme der Polyederverseuchung im Walde im Verlaufe aufeinanderfolgender Jahre wird ohne weiteres aus der „Vererbung" der Krankheit verständlich. Denn ein polyedriger Falter kann in seiner Nachkommenschaft 50—200 Eier infizieren, deren Anzahl im nächsten Jahre auf $50 \times 50 = 2500$ bis $200 \times 200 = 40\,000$ ansteigen kann, und so fort. Ob die Polyedrie dann als Seuche im 2., 3. oder 4. Jahre der Massenvermehrung ausbricht, hängt neben der anfänglichen Menge von polyederverseuchten Faltern vor allem von den vorhandenen Umweltfaktoren, insbesondere den klimatischen Einflüssen ab. Diese wirken sich außer auf den akuten Ausbruch der Seuche zunächst auf die Nonnenvermehrung überhaupt aus. Nach WELLENSTEIN (1942) wird eine Nonnenvermehrung vor allem ausgelöst a) durch warmes trockenes Wetter während des Falterfluges im Juli/August, das die Vermehrungskraft der Falter (Falterflug, Eizahlen usw.) begünstigt, b) durch einen kalten feuchten April, dem ein warmer Mai folgt — die Temperaturdifferenz zwischen beiden Monaten muß groß sein, damit Schlüpfen der Raupen und Austreiben der Knospen zusammenfallen und c) durch warme Juni- und Juliwochen, da ein kühler und feuchter Hochsommer die Entwicklung verzögern und die Sterblichkeit erhöhen würde. Treffen obige Bedingungen in aufeinanderfolgenden Jahren zusammen, so lösen sie eine Massenvermehrung aus. Daß die klimatischen Außenfaktoren ebenfalls für den Ausbruch der Seuche verantwortlich sind, konnte in vielen Beobachtungen und Versuchen einwandfrei nachgewiesen werden (WACHTL 1907, ESCHERICH und MIYAJIMA 1911, ZEDERBAUER 1911, KOMAREK und BREINDL 1924, RUCZICKA 1927, WILKE 1931, ZWÖLFER 1933, 1934, 1935, WELLENSTEIN 1942). Insbesondere ZWÖLFER konnte auf der Grundlage der üblichen Monatsmitteltemperaturen mit Hilfe des „Nonnentemperaturindex" (= Quotient aus örtlicher Temperatursumme und Thermalkonstante der Gesamtentwicklung) das thermische Verbreitungsgebiet der Nonne für Nord- und vertikale obere Grenze sowie auch für Süd- und vertikale untere Grenze berechnen und fand dabei als kennzeichnende Indexwerte für das allgemeine Verbreitungsgebiet der Nonne Werte von 1,0—1,6 und für die typischen Massenwechselgebiete Werte von 1,0—1,4. Die Polyedrie ist mithin, wie dies ja schon von ESCHERICH und MIYAJIMA (1911) betont worden ist, eine „Dispositionskrankheit", die abhängig ist von der von den Eltern her überkommenen Konstitution und den klimatischen Außenfaktoren. Treffen beide zusammen, also vorhandener Erreger und ungünstige Außenbedingungen, z. B. hohe Temperatur und hohe Feuchtigkeit (WELLENSTEIN 1942), dann bricht die Polyedrie als Seuche aus.

Wegen der hohen Abhängigkeit der Polyederseuche von klimatischen Außenfaktoren hat man allerdings bei Seidenraupen durch die Lenkung der äußeren Bedingungen ein Mittel an der Hand, um den Ausbruch der Gelbsucht zu fördern oder zu hemmen, je nachdem, ob man Industrie- oder Stammzuchten wünscht (PAILLOT 1928). Für

Industriezuchten dürfen die Temperaturen der Zuchträume nur mäßig hoch sein, um latent vorhandene Gelbsucht nicht zum Ausbruch kommen zu lassen, dagegen für Stammzuchten sehr viel höher, um vorhandene Gelbsuchtfälle auszulösen und somit beseitigen zu können. Auch auf den Vorschlag einer schärferen Kokonauslese bei der Gewinnung von Seidenspinnerbrut (Paillot 1928) soll noch einmal hingewiesen werden. Für die Nonne als Freilandtier bestehen solche Möglichkeiten aber nicht: hier kann eine Dezimierung der Schädlinge nur durch Anwendung chemischer Bekämpfungsmittel erreicht werden, über deren Notwendigkeit oder Unterlassung oftmals Zweifel bestehen. Eine solche Entscheidung kann aber durch Erfassung des natürlichen Gesundheitszustandes in laboratoriumsmäßigen Aufzuchten von Raupen bereits im Winter (Janisch 1936, Wellenstein 1942, Bergold 1943) erleichtert werden, bei denen die natürliche Sterblichkeit sowie auch deren Ursachen ermittelt werden, bevor die Raupen im Walde schlüpfen. Erweisen sich die Tiere dabei als gesund oder tritt die Polyedrie vorwiegend erst in den letzten Stadien auf, wie dies ja meist der Fall ist, dann ist — bei hoher Zahl — eine chemische Giftbekämpfung unbedingt zu empfehlen; sind aber die Tiere krank und sterben in den ersten Stadien ab, dann kann auf eine Giftbestäubung verzichtet werden, weil die Polyedrie ohnedies ihren Tod herbeiführen wird (Janisch 1933—1941, Roegner-Aust, im Druck). Die vielen anderen prognostischen Maßnahmen, wie Probeeiern, Falterzählungen und Puppenhülsesuchen, die ausführlich bei Wellenstein (1942) behandelt worden sind, dienen vorwiegend gradologischen Feststellungen, also zur Erfassung des Ablaufes einer Massenvermehrung. Der Gesundheitszustand der Tiere wird dabei nur am Rande erfaßt, z. B. aus der zunehmenden Menge der verkrüppelten Puppen, verkümmerter Schmetterlinge, verminderter Zahl und Größe der Eihäufchen, Zunahme an unentwickelten Eiern usw. Während bei Beginn einer Massenvermehrung der Prozentsatz an verkrüppelten Puppen usw. nur gering ist (Wellenstein 1942), vergrößert sich ihre Anzahl bei zunehmender Massenvermehrung ganz erheblich. Auch diese Beobachtungen entsprechen durchaus den mit der Eiübertragung im Zusammenhang stehenden Virulenzsteigerungen von Polyedrie und Schlaffsucht, da der allgemeine Gesundheitszustand infolge der alljährlich zunehmenden stärkeren Verseuchung der Populationen eine laufende Verschlechterung erfährt, die sich in einer Verminderung der Entwicklungsfähigkeit äußert. Auf Grund der Übertragung i m Ei sind wir daher heute in der Lage, abschließend zu behaupten, daß jede Massenvermehrung von vornherein den Keim des Zusammenbruches in Form von Polyedervirus in sich trägt, wie auch Wellenstein (1942) auf Grund seiner umfangreichen Erhebungen über den Massenwechsel der Nonne in Ostpreußen, sowie auch seiner vergleichenden Beobachtungen aus den mitteldeutschen Befallsgebieten bereits annehmen mußte.

Aus diesem Grunde ist auch ein Einsatz der Polyeder als biologisches Bekämpfungsmittel wenig erfolgversprechend. Versuche, die in dieser Hinsicht mit polyederhaltiger Bodenstreu gemacht wurden (KOMAREK und BREINDL 1924, RUCZICKA 1927) sind fehlgeschlagen, so daß ESCHERICH (1931) vor „übertriebenen Hoffnungen" warnt. Auch WAHL (1911) hatte sich schon in diesem Sinne ausgesprochen. BERGOLD (1943) hoffte trotzdem, durch Gewinnung und Bereithaltung größerer Mengen Polyederproteins Fraßschäden verhindern zu können, wenn dieses schon bei geringem Nonnenauftreten in die Bäume verspritzt werden würde. Unseres Erachtens liegt die einzige Möglichkeit einer wirklichen Bekämpfung — außer in der Giftbestäubung — nur in einer laufenden Dauerüberwachung der Wälder, besonders der sogenannten nonnengefährdeten Gebiete, die ja bekannt sind, und zwar vor allem im frühesten Vermehrungsbeginn, d. h. zu Zeiten, wo die Nonne forstlich überhaupt noch nicht in Erscheinung tritt. Durch planmäßiges Absammeln der Falter — nach HENZE (1931) sollen sich bequem 90 % aller Falter absammeln lassen, wobei 80—90 % aller Weibchen noch nicht abgelegt haben — könnten vielleicht viele Sorgen und Kosten um den Wald erspart werden. Bei fortgeschrittener Vermehrung hält WELLENSTEIN (1942) dieses Verfahren allerdings für wirkungslos und außerdem für störend bei den Falterzählungen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Durch Untersuchungen an Puppen, Faltern und Eiern konnte erstmalig in experimenteller Beweisführung gezeigt werden, daß die Übertragung der Polyederkrankheit von einer Generation auf die andere i m Ei erfolgt.

Als Beweise dafür können zusammenfassend folgende Ergebnisse angeführt werden:

1. Polyeder werden in der Puppe aufgelöst, wie charakteristische Brüche bis zum gänzlichen Zerfall in Restkörperchen erkennen lassen.
2. Die natürlichen Auflösungen der Polyeder in der Puppe können künstlich in Puppenlymphe nachgeahmt werden.
3. Polyederlysierungen können ebenfalls künstlich herbeigeführt werden, wenn gereinigte große Polyeder in lebende Präpuppen oder Puppen injiziert werden.
4. Auf Ausstrichen von Puppenlymphe mit Polyedern in den ersten Auflösungsstadien können durch Viktoriablaufärbung die aus den Polyedern heraustretenden Elementarkörperchen sichtbar gemacht werden.
5. In den Ovarialendzellen des Falters scheinen Elementarkörperchen ebenfalls vorhanden zu sein. Im Fettgewebe des Falters lassen sich Restkörperchen von zerfallenen Polyedern nachweisen.

6. In Eiern und herauspräparierten Räupchen finden sich im allgemeinen keine Polyeder, da diese bereits in der Puppe aufgelöst werden.
7. Wohl aber finden sich in Eiern und herauspräparierten Räupchen lose Zusammenballungen der Elementarkörperchen, die bei Färbungen mit Viktoriablau sichtbar gemacht werden können.
8. Als wichtigster Beweis neben der Auflösung der Polyeder in der Puppe konnte bei Phasenkontrastbeleuchtung in den Kernen von Blutzellen junger, aus dem Ei herauspräparierter Räupchen, bereits die leuchtende Ringzone mit kleinsten und kleinen Polyedern als erste Anfänge der Polyederbildung aufgefunden werden.

Die ausschließliche Annahme einer Infektion außen am Ei konnte im einzelnen noch durch folgende Versuchsergebnisse widerlegt werden:

9. Untersuchungen von Eischalen auf äußerlich anhaftende Polyeder verliefen negativ, obwohl die Aufzuchten zu mindestens 50 % an Polyedrie gestorben waren.
10. Abschwemmungen von Eischalen und nicht geschlüpften Eiern kranker Herkünfte zeigten ebenfalls keine Polyeder. Polyeder außen am Ei sind daher nur zufällig, aber nicht regelmäßig vorhanden.

Als weiterere entscheidende Beweise neben den unter 1 und 8 angeführten Ergebnissen können Desinfektionsversuche bei Eiern gelten mit dem Ziel, gesunde Raupenaufzuchten zu erhalten:

11. Desinfektionen mit Trichloressigsäure und Kalilauge verliefen bei Eiern natürlich befallener Nonnenherkünfte völlig ergebnislos; trotz Trichloressigsäurevorbehandlung konnten Polyedertote in Höhe von 10—100 % erhalten werden, trotz Kalilauge P-Tote in einer Anzahl von 44,8 %.
12. Nachzuchten aus Einzelweibchengelegen einer im Vorjahre mit Trichloressigsäure behandelten Aufzucht lieferten Polyedertote in Höhe von 28—95,5 %.
13. Langes Überlagern der Eier führt zu einem Anstieg der natürlichen Sterblichkeit von Aufzuchten, wie durch frühen und späten Ansatz bei gleichen Herkünften nachgewiesen werden konnte. Wichtige Versuche, insbesondere Infektions- und Giftversuche, sollten daher nur mit Frühjahrsaufzuchten durchgeführt werden.

Parallelversuche mit gesunden Seidenraupen vervollständigten und bestätigten die bei kranken Nonnenherkünften gewonnenen Ergebnisse:

14. Seidenraupen, die seit 5 Jahren keinen klinischen Fall von Gelbsucht gezeigt hatten, wiesen trotzdem in etwa 80 % aller unter-

suchten Raupen in den Kernen der Blutzellen die leuchtende Ringzone mit kleinen Polyedern auf. Diese Raupen verpuppten sich, wurden Falter und legten Eier ab. Polyedrie kann also seit Jahren latent in einer Herkunft vorhanden sein und von Generation zu Generation weiterverschleppt werden, ohne jedoch zum Ausbruch kommen zu müssen.

15. Futterinfektionen bei Seidenraupen mit Bombyxpolyedern führten nur bei etwa 50 % aller Raupen zum Polyedertod. Blutzellenuntersuchungen bei den überlebenden Raupen kurz vor Beginn des Einspinnens ließen jedoch in 85 % aller Fälle in den Kernen der Blutzellen die leuchtende Ringzone mit kleineren und größeren Polyedern erkennen. Die Raupen verpuppten sich, lieferten Falter und legten Eier ab. Solche Tiere sind dann Überträger für die kommende Generation.

In ähnlicher Weise, wie bei der Polyedrie, erfolgt auch die Übertragung der Schlaffsucht im Ei:

16. In Eiern und herauspräparierten Räupchen konnte Bazillus B 1 sowie B 2 sicher nachgewiesen werden. B 1 ist in den Eiern aber nur in Form seiner Sporen vorhanden. B 2 kann sich anscheinend im Ei vermehren, wie nach einem verhältnismäßig geringen Befall in frischen Sommereiern, aber sehr viel stärkerem Befall in lange überlagerten Eiern anzunehmen ist.

17. Außerdem ließ sich nachweisen, daß Todesfälle, die während der Häutung auftreten, im allgemeinen durch Bakterien, seltener durch Polyedrie verursacht werden.

Schlußfolgerungen für die Praxis

1. Die Infektion der Raupen im Walde durch verseuchtes Futter oder verseuchte Bodenstreu oder an der zufällig äußerlich verschmutzten Eischale reicht nicht aus, um den epidemischen Ausbruch der Polyederkrankheit beim Zusammenbruch einer Kalamität zu erklären. Durch den Nachweis der Infektion im Ei findet jedoch die langsam von Jahr zu Jahr ansteigende Verseuchung der Nonnenpopulationen, sowie auch der schlagartig einsetzende allgemeine Ausbruch der Krankheit im Zusammenbruchsjahr seine natürliche Erklärung.

2. Der Einsatz von Polyedern als biologisches Bekämpfungsmittel erscheint deshalb kaum erfolgversprechend. Alle bisher von verschiedenen Seiten durchgeführten Versuche zur künstlichen Verbreitung der Polyederkrankheit im Walde sind auch fehlgeschlagen.

3. Wohl aber sind Prognosen über den natürlichen Befall mit Polyedrie und auch mit Bakteriosen durch Aufzucht von Eigelegen im Laboratorium bereits im Winter möglich, so daß

gegebenenfalls die chemische Bekämpfung rechtzeitig in die Wege geleitet werden kann.

Schrifttum

Bergold, G., Eine Mikroinjektionsspritze und Mikrobürette bis zu 0,1 cmm. Biol. Zentralbl. **61**, 1941.

— — Polyederfreie Insektenzuchten. Naturwissenschaften **30**, 1942.

— — Über Polyederkrankheiten bei Insekten. Biol. Zentralbl. **63**, 1943.

— — Die Isolierung des Polyedervirus und die Natur der Polyeder. Ztschr Naturforsch. **2 b**, 1947.

— — Bündelförmige Ordnung von Polyederviren. Ztschr. Naturforsch. **3 b**, 1948.

— — und Schramm, G., Biochemische Charakterisierung von Insektenviren. Biol. Zentralbl. **62**, 1942.

— — und Friedrich-Freska, Zur Größe und Serologie des Bombyx-mori Polyedervirus. Ztschr. Naturforsch. **2 b**, 1947.

Buchner, P., Tier und Pflanze in Symbiose. Berlin 1930.

Escherich, K., Tote Nonneneier. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft **9**, 1911.

— — Nonnenprobleme. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft **10**, 1912.

— — Neues über Polyederkrankheiten. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft **11**, 1913.

— — Die Forstinsekten Mitteleuropas **3**, 1931.

— — und Miyajima, M., Studien über die Wipfelkrankheit der Nonne. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft **9**, 1911.

Gratia, A., und Paillot, A., Etudes sérologiques du virus de la grasserie des vers à soie, isolée par ultracentrifugation. Arch. ges. Virusforsch. **1**, 1939.

Heidenreich, E., Die Polyederkrankheit der Nonne. Arch. ges. Virusforsch. **2**, 1940.

Janisch, E., Über die Methoden zur Konstanthaltung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im biologischen Laboratoriumsversuch. Handb. biol. Arbeitsmethoden Abt. V, Teil 10, 1933.

— — Physiologische Grundlagen der Nonnenprognose. Anz. Schädlingskde. **12**, 1936.

— — Über die Bewertung der Mortalitätsfaktoren beim Massenwechsel der Schadinsekten. Ztschr. ang. Ent. **28**, 1941.

— — Massenvermehrung forstlicher Schadinsekten. Dtsch. Forstztg. **10**, 1941.

— — Der Massenwechsel der Insekten als biologisches Problem. Anz. Schädlingskde. **18**, 1942.

— — Mischinfektionen bei Nonnenraupen. Arb. physiol. ang. Ent. **9**, 1942.

— — und Roegner-Aust, Sophia, Der Erreger der Polyederkrankheit bei Nonnenraupen. Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 2, 1943.

— — und Roegner-Aust, Sophia, Die Polyeder. (Manuskript.)

Knoche, E., Nonnenstudien, I. Klimatische Einflüsse. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft **10**, 1912.

— — Nonnenstudien, II. Die Wipfelkrankheit und ihr Erreger (Ein Beitrag zur Chlamydozoenfrage). Forstwiss. Centralbl, April/Mai, 1912.

— — Die Wipfelkrankheit der Nonnenraupen (Vortrag). Nachrichtenbl. dtsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 2, 1922.

Komarek, J., und Breindl, V., Vom Erreger und Verlauf der Polyederkrankheit der Nonne. Lasnické práce, 1923.

— — Die Wipfelkrankheit der Nonne und der Erreger derselben. Ztschr. ang. Ent. **10**, 1924.

KOMAREK, J., Die Bekämpfung der Nonne von Flugzeugen mittels Calcium-Arsenat. (Vortrag.)

— — Die Nonnen-Katastrofe in den Jahren 1917—1927. Sborník výzkumných ústavů zemědělských RČS. (Recueil de travaux des Instituts des recherches agronomiques de la République Tchecoslovaque). Sv. 78, Vol. 1931.

LETJE, W., Das Gelbsuchtproblem bei den Seidenraupen. Seidenbauforsch. 1939.

PAILLOT, A., und GRATIA, A., Application de l'Ultracentrifugation a l'isolement du Virus de la grasserie des vers à soie. Comptes rendus des séances de la Société de biologie. Société belge de biologie. (Séance du 25 juin 1938. Tome CXXVIII, année 1938, page 1178.)

— — Essai d'isolement du virus de la grasserie des vers à soie par l'ultracentrifugation. Arch. ges. Virusforsch. **1**, 1939.

PRELL, H., Die Polyederkrankheiten der Insekten. Verh. III. Int. Ent. Kongr. **I** u. **II**, 1926.

PROVAZEK, S. VON, Handbuch der pathogenen Protozoen. Leipzig 1911. Gelbsucht (Polyederkrankheit) der Raupen.

ROEGNER-AUST, SOPHIA, Der Infektionsweg bei der Polyederkrankheit der Nonne. Naturwissenschaften **34**, 1947.

— — Populationsanalytische Untersuchungen über die Sterblichkeit von Nonnenraupen. (Im Druck, erscheint demnächst Ztschr. ang. Ent.)

RUCZICKA, J., Was die Praktiker des Forstwesens von der Polyederkrankheit wissen sollen. Zvláštní otisk z „Lesnicke Práce" ročník I. 1927?

SASAKI, On the Pathology of the jaundice of the Silkworm. Journ. of the College of the Agriculture Imp. Univ., Tokio, **II**, 1910.

TIMAEUS, F., Beobachtungen über die Nonnentachine *(Parasetigena segregata* Rdi). Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft **9**, 1911.

TUBEUF, C. VON, Über die Erfolglosigkeit der Nonnen-Vernichtung durch künstliche Bakterien-Infektionen. Forstl. Naturw. Ztschr. 1893.

— — Zur Geschichte der Nonnenkrankheit. Naturw. Ztschr. Forst- u. Landwirtschaft **9**, 1911.

WACHTL, F., Die Nonne, *Lymantria (psilura) monacha* L., Naturgeschichte und forstliches Verhalten des Insekts, Vorbeugungs- und Vertilgungsmittel. Wien 1907.

WAHL, B., Über die Polyederkrankheit der Nonne *(Lymantria monacha* L.). Zentralbl. ges. Forstwesen 1909.

— — Über die Polyederkrankheit der Nonne *(Lymantria monacha* L.). Zentralbl. ges. Forstwesen 1910.

— — Über die Polyederkrankheit der Nonne *(Lymantria monacha* L.). Zentralbl. ges. Forstwesen 1911.

— — Über die Polyederkrankheit der Nonne *(Lymantria monacha* L.). Zentralbl. ges. Forstwesen 1912.

— — Über Polyederkrankheiten bei Schmetterlingsraupen. Wiener Ges. Mikrobiol. Sitzung 9. Nov. 1937. Zentralbl. ges. Bakteriol. Paras.-Kde. u. Inf.-Krankheiten **2**, 1938.

WELLENSTEIN, G., Die Nonne in Ostpreußen. Monographie z. ang. Entomologie 1942.

WILKE, S., Über die Bedeutung tier- und pflanzengeographischer Betrachtungsweise für den Forstschutz. (I. Dargestellt an *Lymantria monacha* L., *Ips typographus* L. und *Hylurgops glabratus* Zett.) Arb. Biol. Reichsanstalt **18**, 1931.

WOLFF, M., Über eine neue Krankheit der Raupe von *Bupalus piniarius* L. Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. Landw. Bromberg **3**, 1910.

— — Entgegnung auf Herrn Professor Dr. VON TUBEUFS Abwehrschrift: Die Polyederkrankheit der Nonne.

Wolff, M. und Krausse, A., Forstliche Flugblätter Nr. 5, Nonne, *Lymantria monacha* L. Mitt. Forstl. Versuchswes. Österr. **36**, 1911.
Zederbauer, E., Klima und Massenvermehrung der Nonne. Mitt. Forstl. Versuchswes. Österr. **36**, 1911.
Zwölfer, W., Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Ztschr. ang. Ent. **19**, 1931.
— — Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne, *Lymantria monacha* L. (Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Entwicklungsstufen in ihren Beziehungen zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit). Ztschr. ang. Ent. **20**, 1933.
— — Die praktische Bedeutung der verbesserten Temperatursummenregel in der Forstentomologie. Verh. Dtsch. Ges. ang. Ent. 1934.
— — Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklung der Nonne *(Lymantria monacha* L.) und ihre bevölkerungswissenschaftliche Auswertung. Ztschr. ang. Ent. **21**, 1935.

Biologie und Bekämpfung der Kaffeeminiermotten Ostafrikas unter Berücksichtigung des Klimas

Von

Dr. H. G. Fiedler

Mit 8 Abbildungen

A. Biotop und Zuchtmethodik. — B. Biologie. I. Ei. II. Larve. a) Bau und allgemeines Verhalten. b) Fraßtätigkeit. c) Nahrungsmenge. d) Anormale Miniertaktik. 1. Wundkallusbildung im Blatt. 2. Geringer Wassergehalt des Blattes. 3. Junges Blatt. e) Fraßperiode. f) Verpuppungsort. g) Kokonbau. III. Puppe. IV. Imago. a) Unterscheidungsmerkmale. b) Lebensäußerungen. c) Eiablage. V. Lebenszyklus und Generationsdauer. — C. Parasiten. — D. Miniermotte und Parasit. — E. Miniermotte und Kaffeebaum. — I. Witterungseinflüsse. II. Massenwechsel. III. Gradationsbeispiel. IV. Reaktion der Kaffeepflanze. — F. Probleme der Bekämpfung. — G. Zusammenfassung. — H. Literaturverzeichnis.

A. Biotop und Zuchtmethodik

Im Untersuchungsgebiet des Kilimandscharo, sowie in allen anderen Teilen der Kaffeebaugebiete von Ostafrika, wo *Coffea arabica,* und zwar seine Sorten „Bourbon", „Kent" und „Blue Mountain" angebaut werden, sind die zwei Miniermottenarten *(Leucoptera caffeina* Washb. = *L. daricella* Meyr. und *L. coffeella* Guer.) neben dem Kaffeerost *(Hemileia vastatrix)* die gefährlichsten Zerstörer des Kaffeelaubes.

Trotz naher Verwandtschaft, großer äußeren Ähnlichkeit und vielen gleichen Lebenseigentümlichkeiten stellen die beiden Spezies gänzlich verschiedene, teilweise sogar entgegengesetzte Ansprüche an die Beschaffenheit ihres Lebensraumes. Sie schließen sich einander im Lebensraum aus und nur in den Grenzbezirken, wo eine für beide noch erträgliche Mischung der Bedingungen vorhanden ist, findet eine Überdeckung statt. Die Trennungsargumente sind mikroklimatischer Natur und werden in der Hauptsache durch Vorhandensein von Sonne und Schatten festgelegt. Die hierdurch bedingte geringere oder größere Luftfeuchtigkeit ist für die Abgrenzung ein mitbestimmender Faktor, der aber nur in Verbindung mit der Sonnenbestrahlung wirksam ist. Die Fleckenminiermotte *(L. coffeella)* liebt die Sonne, wohingegen die weiße Miniermotte *(L. caffeina)* die beschatteten Kaffeesträucher als Lebensraum wählt.

Daraus folgt für die Praxis: *L. caffeina* ist hauptsächlich nur in mittelmäßig und gut beschattenen Pflanzungen anzutreffen. In unbeschatteten Kaffeebeständen ist ihre Anwesenheit nur so weit möglich, als es sich um ältere und dichtstehende Parzellen handelt, wo die unteren

Zweige im vollen Schatten liegen. Dieser Umstand tritt häufig beim „Bourbon" infolge zu enger Pflanzweite (2 m) oder bei mangelhaftem Schnitt ein. „Kent" und ähnliche Sorten werden wegen ihres lichten, tannenähnlichen Wuchses selten ohne Schattendach unter *L. caffeina* zu leiden haben. Die unbeschatteten Pflanzungen hingegen bilden das Hauptverbreitungsgebiet von *L. coffeella*. Inbegriffen sind auch alle jungen Bestände, bevor die angepflanzten Schattenbäume die nötige Größe erreicht haben. Es ist deshalb verständlich, daß alle Kaffeesorten mit lichter Struktur (Kent, Blue Mountain) gerade diesem Schädling günstige Lebensbedingungen gewähren.

Die Verbreitung der Miniermotten ist von der Höhenlage so gut wie unabhängig. Von der unteren Grenze des Kaffees (950 m) bis zum Urwaldrand (1650 m) finden sich beide Arten. Alle Höhenlagen, die für den Anbau des Kaffees geeignet sind, erweisen sich auch günstig für die Blattminierer. Die *Leucoptera*-Arten und der Kaffeebau sind klimatisch in Ostafrika nicht zu trennen.

Zu Beginn der experimentellen Arbeiten ergaben sich verschiedene Schwierigkeiten praktischer Art, die durch Empfindlichkeit des Schädlings und Biotop der Larve verursacht wurden. Für Versuche im Freiland haben sich als besonders günstig kleine Kästen (15 × 20 × 10 cm) erwiesen, die an vier Seiten mit feiner Stoffgaze bespannt waren und an der breiten Oberseite zu Beobachtungszwecken eine Glasscheibe trugen. An der sechsten Fläche (Schmalseite) war ein Gazeschlauch angebracht, mit dessen Hilfe das Kästchen an einem Zweigende befestigt und abgeschlossen wurde. Ein seitlich angebrachter Stützstab hielt Kasten und Zweig in der gewünschten Lage. Diese Anordnung eignete sich vorzüglich zur Beobachtung der Eiablage, Kopulation usf. Der Vorteil lag ferner darin, daß der Lebensablauf der Versuchstiere nicht gestört zu werden brauchte. Temperatur und Luftfeuchtigkeit ließen sich auch in diesem Falle durch entsprechende Instrumente kontrollieren.

B. Biologie

Zur besseren Vergleichsmöglichkeit sollen im folgenden Teil die beiden Miniermottenarten nebeneinander behandelt werden. Soweit es für das Verständnis der Biologie erforderlich ist, haben Morphologie und Physiologie Berücksichtigung gefunden. Alle Angaben stützen sich auf Beobachtungen im Kilimandscharogebiet; sofern die Verhältnisse anderer Bezirke Ostafrikas Erwähnung finden, wird darauf an den betreffenden Stellen hingewiesen werden.

I. Ei

Die Eier werden normalerweise an der Oberseite der Kaffeeblätter abgelegt. Mit ihrer flachen Basis werden sie mittels eines wasserlöslichen Kittes an die Blattepidermis geklebt. An ihrer Verteilung auf der Blattspreite sowie in ihrer Struktur unterscheiden sich die beiden Arten deutlich.

Die im Schatten lebende *caffeina* heftet ihre Eier genau nebeneinander in kleinen Schnüren längs eines Blattnerves fest. Die Zahl in einem solchen Gelege schwankt zwischen 2 und 12. Sehr selten sind einzelne Eier anzutreffen. In Tabelle 1 ist die prozentuale Häufigkeit der Eizahlen von 300 untersuchten Gelegen wiedergegeben.

Tabelle 1

Häufigkeit der Eizahlen in den Gelegen von *Leucoptera caffeina* Washb.

Eizahl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Anzahl der Gelege . .	2	3	8	23	42	78	58	42	22	15	6	1	300
Anzahl in %	0,7	1,0	2,7	7,7	14,0	26,0	19,3	14,0	7,3	5,0	2,0	0,3	100

Danach sind Schnüre mit sechs Eiern am häufigsten (26 %) vertreten. Nur etwa ein Viertel der Gelege weist Eizahlen unter fünf und über acht auf.

Die Farbe der Eier ist weißlich opalisierend. Sie haben die Gestalt ovaler, sehr flacher Kegelstümpfe mit einer Länge von 0,3 mm, einer Breite von 0,2 mm und einer Höhe von 0,05 mm. Die Oberseite ist napfartig eingesenkt und mit einer schmalen Mittelnaht versehen. Die abgeschrägte Seitenfläche besitzt eine feine Riefelung, welche sich auf der Oberseite in verminderter Stärke bis zur Mitte fortsetzt.

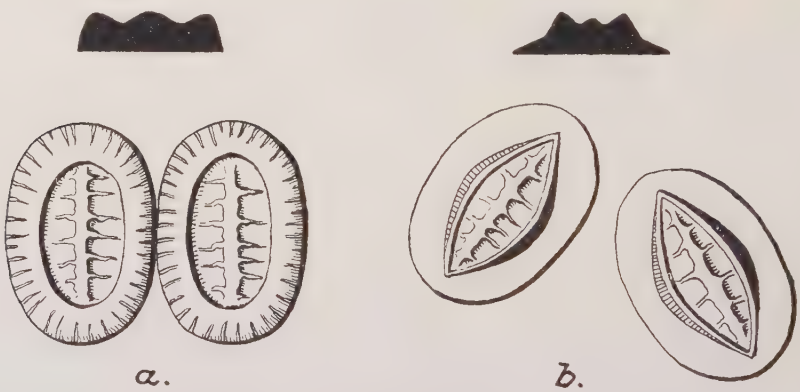


Abb. 1. Eier der Miniermotten in Aufsicht und Querschnitt. a = *L. caffeina*; b = *L. coffeella* (80fach)

Die Eier der *L. coffeella* besitzen die gleiche Farbe. Ihre Größe bleibt nur ein Geringes hinter *caffeina* zurück. Der Grundriß ist gleichfalls oval, die Oberfläche zeigt jedoch eine andere Struktur. Die eingesenkte Oberseite hat eine spindelförmige Gestalt und wird von einer scharfgradigen Umwallung begrenzt. Die Seitenkanten sind bedeutend flacher geneigt. Die Riefelung ist nur an den Seiten der Mittelnaht vorhanden. Die Eier werden vom *coffeella*-Weibchen einzeln auf der Blattfläche abgesetzt und sind daher schwerer als jene von *caffeina* aufzufinden. Meistens liegen ihrer zwei näher beieinander. Bei starkem

Befall sind auf den Blättern mehrere Bezirke vorhanden, in denen eine größere Anzahl von Eiern (20—30) unregelmäßig verteilt in größerer Nähe festgeklebt sind. Diese „Eibezirke", welche leicht mit dem unbewaffneten Auge feststellbar sind, weisen in den heißen und trockenen Monaten auf eine ernst zu nehmende Massenvermehrung dieses Schädlings hin.

Die Entwicklungszeit der Eier erwies sich für beide Arten gleichlang. Bei einer Durchschnittswärme von 23,2 ° bis 24,3 ° C, was allgemein etwa den Mittelwerten der heißen Monate entspricht, benötigen die Eier von *caffeina* sieben Tage bis zum

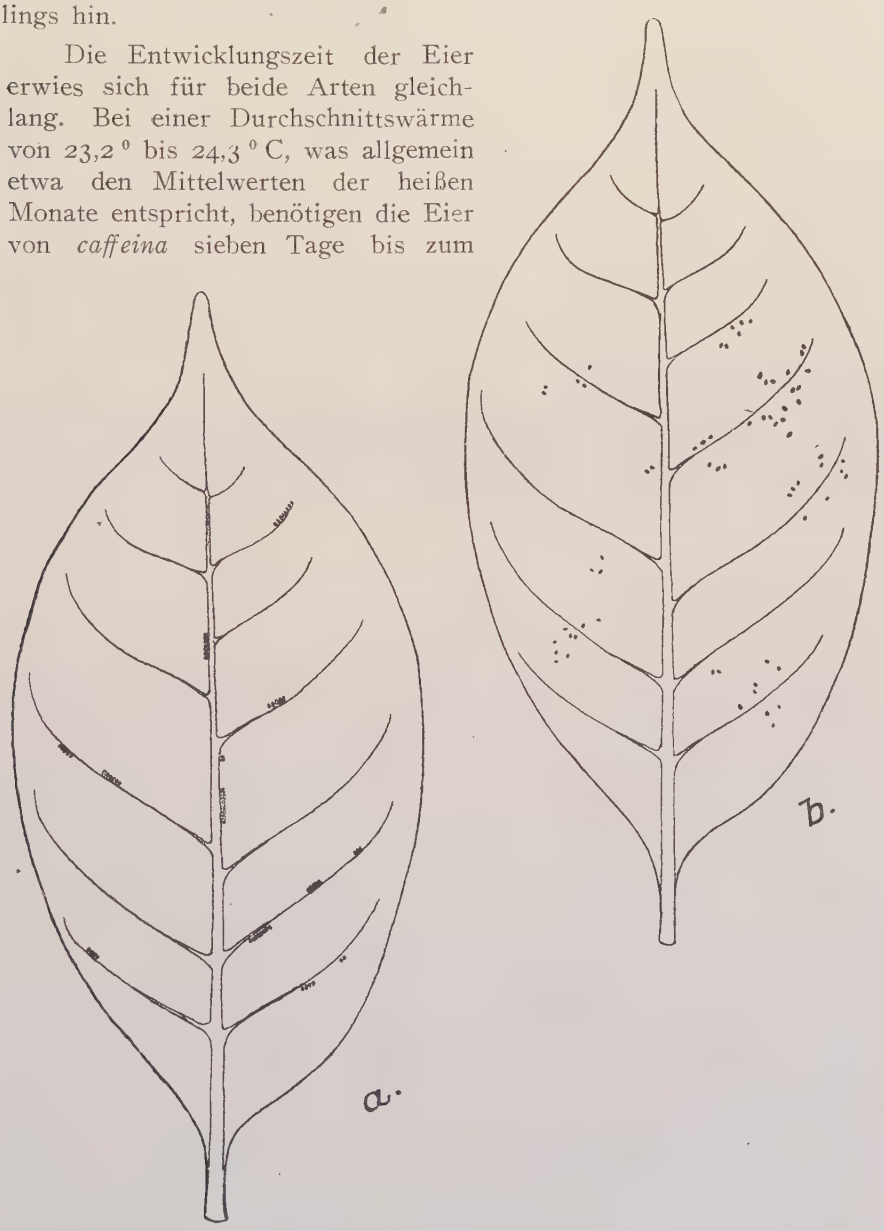


Abb. 2. Eigelege auf der Blattoberseite; sehr starker Befall. a = *L. caffeina*; b = *L. coffeella*

Schlüpfen. Für *coffeella* wurden gleichfalls sieben Tage gemessen bei Temperaturen von 23,3 ° bis 23,9 ° C. Zu Beginn der kühleren Zeit stieg die Entwicklungsdauer bei *caffeina* auf acht bis zehn Tage bei einer Temperatur von 21,2 ° C.

Gegen Ende der Eiperiode kann man den Embryo deutlich durch die Eihülle hindurch schimmern sehen. Er liegt hufeisenförmig gekrümmt in der Horizontalebene, so daß Kopf und Abdominalende an der Schmalseite des Eies sich dicht beieinander befinden. Beim Schlüpfvorgang frißt das 0,5 mm lange Räupchen einen halbkreisförmigen Schlitz in den Eiboden. Die darunterliegende Blattepidermis wird in gleicher Weise durchstoßen, und die Junglarve schlüpft in die Palisadenschicht des Blattes. Bei den perlschnurartig, längs einer Blattrippe aufgereihten Eiern von *caffeina* schlüpfen die Larven fast gleichzeitig durch den Eiboden, und zwar stets an der Kante, die dem Blattnerv abgewendet ist, so daß sie nie mit den Leitbündeln in Berührung kommen. Beim Schlüpfvorgang gelangen also die Raupen nicht an die Außenwelt, sondern begeben sich vom Ei unmittelbar in das Innere des Kaffeeblattes.

II. Larve

a) Bau und allgemeines Verhalten

Die Larvenperiode wird im gleichen Blatt verbracht. Der Körperbau der Raupe ist demgemäß darauf abgestimmt und besitzt eine starke dorsoventrale Abflachung. Die Farbe ist gelblich weiß. Die stärker chitinisierte Kopfkapsel ist leicht braun getönt, und nur die Mandibel weisen eine dunkelbraune Chitinfarbe auf. Der Vorderdarm ist infolge seiner dauernden Füllung mit Chloroplasten deutlich im Körper erkennbar. Die schwache farblose Beborstung ist durchschnittlich kurz, nur die senkrecht abstehenden Haare an den Lateralseiten des Körpers erreichen eine Länge von dreiviertel Körperbreite. Die meisten Borsten fungieren als Sensillen, mit deren Hilfe die Raupe befähigt ist, eine genaue Lageorientierung im Miniergang vorzunehmen. Der Druck, den die Dorsalsensillen von der Blattepidermis erhalten, ist bestimmend für die normale Lebenstätigkeit des Tieres, indem er als Richtungsweiser bei der Miniertätigkeit dient. Wird die bedeckende Epidermis entfernt, verlieren die Raupen die Fähigkeit vorwärts zu fressen. Ersetzt man die Epidermisdecke wieder auch durch Papier u. ä., so wird die Minierarbeit in der Blattebene fortgesetzt. Daß bei Wegnahme der Bedeckung als Störungsfaktor der fehlende Druck und nicht der starke Lichteinfall in Frage kommt, konnte in entsprechenden Verdunklungsversuchen beobachtet werden. Demzufolge sind alle Larven, die sich einmal außerhalb eines Blattes befinden, nicht in der Lage sich wieder in ein neues einzubohren. Alle Larven, die noch nicht das letzte Stadium erreicht haben, gehen zugrunde, wenn ihr Blatt vom Zweige gelöst wird und verwelkt. Die Raupen des letzten Stadiums schreiten dann zur Verpuppung.

Von allen Körperabschnitten haben die Kopfkapsel und das erste Thorakalsegment die stärkste Abflachung erfahren (Abb. 3), so daß der

Vorderkörper wie ein horizontal liegender Keil erscheint. Die Mandibel haben die Gestalt einer sehr schmalen Kneifzange. Sie sind nur befähigt eine Materie in der Horizontalebene zu packen und zu zerschneiden.

Die Analöffnung liegt nicht an der Ventralseite des letzten Segmentes zwischen den Nachschiebern, sondern hat ihre Lage auf die Dorsalseite dieses schräg nach hinten abfallenden Segmentes verschoben. Hierdurch wird bewirkt, daß die Fäkalienkugeln nach hinten abgleiten und so die Lokomotion des Räupchens weniger behindern.

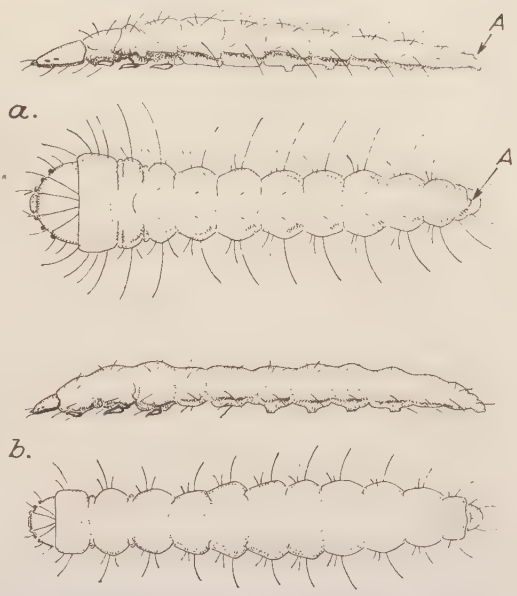


Abb. 3. Erwachsene Larven in Seitenansicht und Aufsicht. a = *L. caffeina*; b = *L. coffeella*; A = Analöffnung (24fach)

Die Ausbildung der Körperextremitäten ist gleichfalls modifiziert. Während die Abdominalfußpaare eine starke Verkürzung erfahren haben, sind die Thorakalfüße rudimentär entwickelt. Als kleine gegliederte Zapfen mit einer winzigen Endkralle können sie in Hautvertiefungen gelegt werden, um die Vorwärtsbewegung im Miniergang nicht zu behindern. Die Lokomotion innerhalb des Blattes hat nur eine sehr geringe Bedeutung und wird deshalb hier auch mit anderen Mitteln ausgeführt als gewöhnlich. Infolge von Raummangel in der Vertikalebene ist den Larven nur ein Zusammenziehen und Strecken des Körpers möglich. Die Abdominalfüße und Nachschieber fixieren hierbei den Körper an den erreichten Punkten. Da die Vorwärtsbewegung beim Fressen stets durch das lebende Blattgewebe gehemmt wird, ist bei der Kontraktion eine Verankerung der Thorakalfüße unnötig, womit sie ihre eigentliche Funktion verloren haben und rudimentär geworden sind.

Die morphologischen Unterschiede der Larven beider Arten sind sehr gering und lassen sich ohne optische Hilfsmittel nicht feststellen. Das Räupchen von *caffeina* erreicht im letzten Stadium eine Länge bis zu 6 mm. Das erste Brustsegment ist die größte Körperbreite, die Kopfkapsel ist dementsprechend breit. Vom mittleren Brustring bis zum Abdominalende verjüngt der Körper sich stetig. Das letzte Thorakel- und erste Abdominalsegment bilden die höchsten Erhebungen in der Senkrechten, nach vorn und hinten flacht sich der Körper ab.

Die *coffeella*-Larve wird nur bis 5 mm lang. Ihr Bau ist nicht so ausgesprochen keilförmig; die Kopfkapsel und der ganze Brustabschnitt sind bedeutend schmaler. Die größte Körperbreite liegt im

zweiten bis fünften Abdominalring. Die ersten Brust- und letzten Abdominalsegmente sind nicht so flach wie bei *caffeina*.

Die morphologischen Unterschiede verschwimmen stark, wenn man Individuen vor und nach der Häutung vergleicht. Bei frisch gehäuteten Raupen ist die Kopfkapsel relativ breiter. Diese Tatsache bewirkt, daß zu diesem Zeitpunkt die *coffeella*-Larve eine starke Ähnlichkeit mit einer kurz vor der Häutung stehenden *caffeina* besitzt. Ein Blick auf den artspezifischen Miniergang gibt dem Pflanzer aber stets eine genaue Auskunft.

b) Fraßtätigkeit

Die Raupen beider Arten minieren nur in der chlorophyllreichen Palisadenschicht; die obere Epidermis und das Schwammparenchym bleiben unverletzt. Es wurde beobachtet, daß Larven der Minierfliege *(Oscinis coffeae)*, welche nur von den Zellen der oberen Epidermis leben, und Minierraupen übereinander an der gleichen Stelle im Blatt ohne gegenseitige Störung fraßen.

Als Folgeerscheinung des Minierraupenfraßes trocknet die obere Epidermis ein und wird braun. Die Verwüstungen, welche im Blattinneren durch das Entfernen der Hauptassimilationsschicht angerichtet werden, sind meist so schwer, daß die darunterliegenden Parenchymschichten mit den Leitbündeln absterben. Es entstehen hierdurch braune Flecken, die sich bis zur Blattunterseite fortsetzen.

Beim Freßprozeß bewegen die Raupen den Vorderkörper abwechselnd nach links und rechts, wobei jedesmal ein halbkreisförmiger Streifen der Palisadenschicht „abgemäht" wird. Der Instinkt für eine Bewegung in der Senkrechten scheint bis kurz vor der Verpuppung nicht vorhanden zu sein, wie nachstehende Beobachtung zeigt. Werden anormalerweise Eier auf der Blattunterseite abgelegt, so schlüpfen die jungen Räupchen wie gewöhnlich in das Blattinnere und beginnen nun ihren Fraß diesmal aber am Schwammparenchym direkt unterhalb der Epidermiszellen, denen sie auch hier den Rücken zuwenden. Die Larven dringen jedoch niemals nach oben zur Palisadenschicht durch, obgleich sie im lockeren Schwammparenchym schon nach ein paar Tagen zugrunde gehen müssen.

Die Anlage und der Ausbau der Minen geschieht artspezifisch. An ihrer Farbtönung kann bereits äußerlich der Umfang und das Alter der einzelnen Teile festgestellt werden. Frisch minierte Stellen markieren sich als hellgrüne Flecken auf dem dunkelgrünen Kaffeeblatt. Wenn nach einigen Stunden die Epidermis abgestorben ist, verfärben sich diese Stellen olivgrün, um nach etwa 24 Stunden eine bräunliche Färbung anzunehmen. Nach einigen Tagen ist die Epidermis hellbraun geworden. Sie trocknet aber erst vollständig aus, wenn die Larven das Blattinnere verlassen haben und wird dann spröde und zerbricht bei Biegung oder Druck.

Sind die *caffeina*-Junglarven vom Ei in die Palisadenschicht gelangt, so fressen sie dicht nebeneinanderliegend gemeinsam in einer Richtung weiter. Demzufolge wird auf der Blattfläche eine hellgrüne Bahn von

5—10 mm Länge in Breite des Geleges sichtbar, die zuerst senkrecht von diesem wegstrebt. Selten nur teilt sich gleich zu Anfang die Gemeinschaft der Jungraupen in ein oder mehrere Fraßgruppen, die gleich vom Gelege aus in verschiedenen Richtungen fressen. Später pflegen sich auch diese Fraßgänge wieder zu vereinigen. Während der ersten Nacht oder erst im Laufe des nächsten Tages ändern die Räupchen die Fraßrichtung gemeinsam und führen ihren Miniergang in einem anderen Winkel fort. Von nun ab wird täglich ein oder mehrere Male die Minierrichtung geändert, wobei die Larven im geschlossenen Verband den alten Fraßgang ein Stück zurückwandern und an einer anderen Stelle ihre Tätigkeit wieder aufnehmen. Mit dem Heranwachsen der Larven und dem damit steigenden Nahrungsbedarf haben schon nach wenigen Tagen die Minen an Breite bedeutend zugenommen. Da die Larven jetzt öfter ihre Plätze wechseln, wird aus dem ursprünglich schmalen Gang ein ausgedehnter, unregelmäßig gestalteter Fraßplatz. Im weiteren Verlauf nimmt der Gesellschaftstrieb allmählich ab, fast jeder Minenbewohner frißt nun für sich allein und trägt somit zum uneinheitlichen und flächigem Ausbau der Mine bei. Nach den anfänglichen schmalen Gängen der ersten Tage entsteht auf der Blattfläche ein unregelmäßiger Fleck mit gelappten oder bogigen Konturen, dessen Größe mit der Zahl der Bewohner schwankt. Seine Färbung zeigt alle Tönungen vom hellen Grün bis zum Braun. An der Verteilung der Farben ist der chronologische Ausbau der Mine genau erkennbar. Am Rande liegen uneinheitlich verteilt hellgrüne, also frisch minierte Gebiete, während im Zentrum und in Nähe der Eihüllen die braunen, älteren Teile zu finden sind. Eine

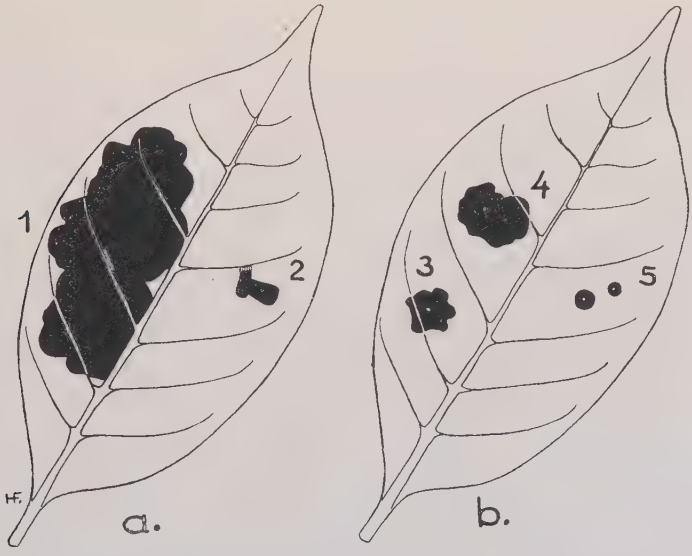


Abb. 4. Normale Blattminen. a = *L. caffeina*: 1 = Alte Mine, 2 = Neue Mine, zwei Tage alt; b = *L. coffeella*: 3 = Alte Einzelmine, 4 = Alte Doppelmine, 5 = Neue Minen, ein und zwei Tage alt

von den Raupen bereits verlassene Mine ist durch das Fehlen der hellgrünen Randbezirke erkennbar.

Der schwärzliche Kot der Raupen wird als kleine Kugeln in zeitlich kurzen Abständen ausgestoßen. Die Fäces werden in den Minen von einem Pilz befallen, der bei der Fruktifikation seine Konidien durch die abgestorbene Epidermis sendet, wo sie als hellgrau umwallte Punkte sichtbar werden. In das gesunde Blattgewebe dringt der Pilz augenscheinlich nicht ein.

Während die *caffeina*-Raupen in den ersten Tagen ausnahmslos Gemeinschaftsfraß betreiben, verbringt die *coffeella* ihre Larvenzeit meist allein, bedingt durch die Einzelablage der Eier. Wenn die *coffeella*-Junglarve in die Palisadenschicht gelangt, frißt sie von der Einbohrstelle aus das Blattgewebe nach allen Richtungen weg, indem sie immer größer werdende konzentrische Kreise um den Ausgangspunkt beschreibt. Erst im letzten Abschnitt der Larvenperiode wird dieses Prinzip aufgegeben, und die *coffeella* führt nun ebenfalls an wechselnden Punkten der bisher kreisrunden Mine eine unregelmäßige Fraßtätigkeit aus. Im Mittelpunkt dieser Kreismine ist die leere Eihülle zu finden. Da die in der Mitte gelegenen Teile am ältesten sind, hat hier die Epidermis bereits eine bräunliche Farbe angenommen. Die frisch minierte Peripherie ist ebenfalls hellgrün gefärbt. Im Endstadium entsteht aus dem Kreis ein mehr oder minder rundlicher Fleck mit verschieden stark gelappten Rändern und Ausbuchtungen. Dieser Umstand hat der Art die Bezeichnung „Fleckenminiermotte" eingetragen. Durch das solitäre Leben der *coffeella* resultiert auch ein bedeutend kleineres Fraßbild (etwa 0,75 qcm), das durch den konzentrischen Aufbau der inneren Teile immer eine geschlossene Figur bildet, wogegen die gesellig lebenden *caffeina*-Raupen durch ihr wechselfrontiges Minieren eine stets stark gelappte, große Mine (etwa 10 qcm) erzeugen, welche bis zur Hälfte des Blattes einnehmen kann.

Werden zwei oder mehrere *coffeella*-Eier in größerer Nähe abgelegt, so treffen sich ihre Kreisminen früher oder später, ohne daß sich die Bewohner umeinander kümmern.

Die Miniertätigkeit ist an keine besondere Tageszeit gebunden. In Nächten über 15° C steht die Fraßleistung nicht hinter der des Tages zurück. Bei unmittelbarer Sonnenbestrahlung der Blätter ist das Verhalten der beiden Species verschieden. Während *coffeella* sich auch durch längste Einstrahlung kaum stören läßt, kriechen die Larven von *caffeina* in den heißen Mittagsstunden von den peripheren Fraßplätzen in die älteren Teile der Mine zurück, wo sie unter der bereits abgestorbenen Epidermis und den stärker angehäuften Exkrementen einen Schutz vor der Sonneneinwirkung suchen.

c) Nahrungsmenge

Die von den Raupen bis zur Verpuppungsreife benötigte Nahrungsmenge läßt sich flächenmäßig leicht bestimmen (Tabelle 2). Der Größen-

unterschied der beiden Arten von durchschnittlich einem Millimeter läßt eine Differenz in der Nahrungsmenge erwarten. So verbraucht *coffeella* im Durchschnitt 0,53 qcm der Palisadenschicht während der Larvenzeit. Die nur ein knappes Viertel längere *caffeina* hingegen ver-

Tabelle 2

Nährungsmengen der Larven

L. caffeina			*L. coffeella*		
Minenfläche in qcm	Zahl der Larven	Blattfläche je Larve in qcm	Minenfläche in qcm	Zahl der Larven	Blattfläche je Larve in qcm
1,80	2	0,90	0,51	1	0,51
2,24	2	1,12	0,43	1	0,43
2,50	2	1,25	0,48	1	0,48
3,75	2	1,67	0,57	1	0,57
4,50	2	2,25 [1])	0,42	1	0,42
4,62	2	2,31 [1])	0,34	1	0,34
6,90	3	2,30 [1])	0,40	1	0,40
4,50	3	1,50	0,44	1	0,44
4,25	3	1,42	0,60	1	0,60
5,38	3	1,79	0,46	1	0,46
6,53	3	2,17 [1])	0,55	1	0,55
5,28	3	1,76	0,76	1	0,76 [1])
5,10	3	1,70	0,72	1	0,72 [1])
6,82	3	2,27 [1])	0,59	1	0,59
6,12	3	2,04 [1])	0,70	1	0,70 [1])
9,00	4	2,25 [1])	0,53	1	0,53
7,24	4	1,81	0,80	2	0,40
6,20	4	1,55	0,98	2	0,49
9,70	4	2,42 [1])	1,05	2	0,53
8,00	5	1,60	1,18	2	0,59
7,76	5	1,55	1,00	2	0,50
8,74	5	1,76	0,94	2	0,47
8,54	5	1,71	1,10	2	0,55
10,10	6	1,68	1,26	2	0,63
19,30	8	2,41 [1])	1,42	2	0,71
	Durchschnitt:	1,81		Durchschnitt:	0,53

tilgt das $3^1/_2$fache, nämlich 1,81 qcm. Der unverhältnismäßig größere Nahrungsbedarf der *caffeina* macht sich daher bei einer Massenvermehrung viel früher und empfindlicher am Blattwerk bemerkbar als bei einem gleichstarken Auftreten von *coffeella*. Infolge der größeren Eigelege kommte es hier schnell zum Totalverlust des Blattes, während die kleinen Minen der coffeella bei gleicher Befallsstärke seltener ein Abwerfen des Blattes verursachen.

Bei beiden Arten schwankt die verzehrte Blattmenge individuell recht beträchtlich. Bei *caffeina* bewegen sich die gemessenen Werte zwischen 0,90 und 2,42 qcm, bei der *coffeella* zwischen 0,34 und 0,76 qcm je Larve. Kleine individuelle Schwankungen innerhalb enger Grenzen lassen sich immer als Folgeerscheinung physiologischer Wachstumssteuerung deuten. Bei den *Leucoptera*-Raupen spielen jedoch noch andere Faktoren eine große Rolle. Diese Einflüsse bewirken, daß die

[1]) Junges, noch wachstumsfähiges Blatt.

vom einzelnen Individuum benötigte Blattfläche um das 2,8fache, bzw. 2,2fache schwanken kann. Als derartig einflußreiche Größen kommen das Alter und der Wassergehalt der Blätter in Frage.

d) Anormale Miniertaktik

Der Wasserreichtum des Kaffeeblattes ist abhängig von der Wassermenge, die dem Baum im Erdboden zur Verfügung steht. Diese hängt von der Konsistenz des Bodens, der Lage der Pflanzung und der jahreszeitlichen Witterung ab. Ferner spielen Bodenbedeckung und Beschattung eine Rolle. Ein hoher Wassergehalt macht sich äußerlich durch ein „gesundes" Aussehen der Blätter bemerkbar; d. h. sie haben eine dunkelgrüne Farbe mit starkem Fettglanz und stehen mehr oder minder waagerecht von den Zweigen ab. Die wasserarmen Blätter hängen senkrecht mit der Spitze zur Erde gerichtet und bieten der Sonne nur eine geringe Angriffsfläche. Sie sind bedeutend heller und haben nicht den starken Fettglanz. Dieser Anblick ist zu heißen und trockenen Zeiten eine häufige und bekannte Erscheinung in den Kaffeepflanzungen, welche keine Schattenbäume haben. Sie machen hierdurch einen „welken" Gesamteindruck. Der Wassermangel läßt sich gewichtsmäßig feststellen. Auch haben diese Blätter einen dünneren Querschnitt.

1. Wundkallusbildung im Blatt

An gut beschatteten Sträuchern der Sorte Bourbon, welche auch in den heißesten Monaten nie unter Trockenheit zu leiden hatten, konnte die Beobachtung gemacht werden, daß ihr Wasserreichtum einen nachteiligen Einfluß auf die Miniertätigkeiten der *caffeina*-Raupen haben kann. Der Tatbestand dabei war folgender: Sobald die jungen Larven einen gemeinsamen Gang vom Eigelege weg in die Palisadenschicht fraßen, kam es in vielen Fällen nach 1—3 Tagen zu Stockungen und zum vollständigen Aufhören ihrer Tätigkeit. Die bereits geschaffene Mine behielt ihre hellgrüne Färbung, schwoll an und erhob sich plastisch über die Blattfläche. Wurde der Gang geöffnet, so fand man die Larven tot an ihren Fraßplätzen liegen. Unter dem Mikroskop ließ der Querschnitt einer derartig aufgetriebenen Mine erkennen, daß es sich um Zellwucherungen handelt. Durch die Zerstörung der Palisadenzellen wird das darunter liegende Parenchymgewebe angeregt, Wundkallus zu bilden. Diese besonders großblumigen und chlorophyllfreien

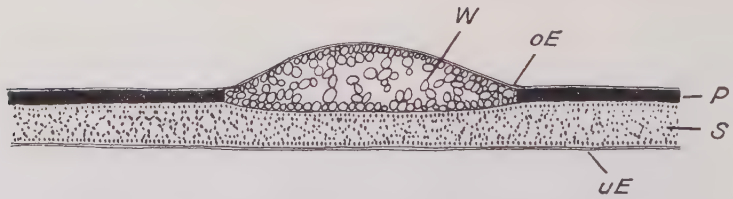


Abb. 5. Querschnitt eines Larvenganges im Kaffeeblatt mit Wundkallusbildung (40fach). oE, uE = obere, untere Epidermis; P = Palisadenschicht; S = Schwammparenchym; W = Wundkalluszellen

Zellen füllen in loser Struktur den Querschnitt des Larvenganges und wölben die Epidermis in die Höhe, die in diesem Fall nicht abstirbt. Im Schutze des Wundkallus bleibt das Schwammparenchym ebenfalls lebensfähig. Dieser Vorgang der Minenvergallung muß als Abwehrreaktion des Blattes angesprochen werden. Bei günstigen Wasserverhältnissen ist also der Kaffeebaum in der Lage, in schnellerem Tempo Kalluszellen zu bilden, als es den Jungraupen möglich ist, Palisadengewebe zu vernichten. Wenn im Kampf Tier gegen Pflanze die Fraßtätigkeit der Zellregeneration unterliegt, wird den Larven der nötige Raum zum Atmen genommen und sie müssen in dem wasserreichen Gewebe buchstäblich ertrinken. Gelingt es jedoch zur kritischen Zeit den schmalen Miniergang zu verbreitern und die Palisadenschicht auf größerer Fläche zu entfernen, so kann das Blatt diese Lücke nicht mehr überbrücken. Die Larven sind gerettet und können ihren Fraß normal und ohne jede weitere Behinderung fortsetzen. Dieser Vorgang drückt sich auf der Blattspreite durch eine gallig aufgetriebene Anfangsmine aus, an die sich eine normale Flächenmine anschließt. Der in den Gängen entstandene Wundkallus bleibt nicht während der ganzen Lebensdauer des Blattes lebendig. Nach einigen Wochen verkorken die Zellen und werden braun. Kaffeesträucher, die nicht unter optimalen Wasserbedingungen leben, haben nicht die Fähigkeit Wundkallus zu bilden und damit der Miniertätigkeit entgegen zu arbeiten.

Der Verlust, den die *caffeina*-Raupen durch diese Regenerationsfähigkeit erleiden können, ist nicht belanglos. Zählungen innerhalb verschiedener Felderblocks einer Pflanzung ergaben, daß hierdurch bis 55 % der Larvengemeinschaften in den Anfängen ihrer Tätigkeit vernichtet wurden. Durchschnittlich in weiteren 20 % wurde von den Raupen die Vergallung überwunden. In den übrigen Fällen (25 %) trat keinerlei Behinderung durch Wundkallus ein.

In diesem Zusammenhang sei ferner auf einen für die Larvenentwicklung hemmenden Faktor aufmerksam gemacht, dessen Ursachen bislang als ungeklärt gelten müssen. Bei den Untersuchungen von Blattminen zur Festlegung der Parasitierungshöhe fiel auf, daß sehr oft ein Teil der *caffeina*-Larven in den normalen Gemeinschaftsminen auch ohne jeden erkennbaren Einfluß im Laufe der Entwicklung abstarb. Bei einer Zählung von 300 Gelegen mit 1982 Eiern auf Blättern verschiedener Bäume waren nur 829 verpuppungsreife Larven (41,8 %) geschlüpft. Die übrigen 1153 Raupen (58,2 %) waren im Laufe der Fraßperiode zugrunde gegangen. Larvenmumien aller Größen lagen auf dem Minenboden. Bei 27 Gelegen oder 9 % gelangte überhaupt kein Tier zur Verpuppung. Die gleichmäßige Verteilung der Ausfälle läßt den Gedanken an eine epidemische Krankheit zurücktreten. Die Bäume wiesen alle einen gesunden Wuchs, sowie normale Blattbildung und Farbe auf, so daß die Einwirkung abiotischer Faktoren wahrscheinlich wird. Die begleitenden Umstände deuten darauf, daß die Minierlarven durch Überhitzung starben, weil sie in den feuchtigkeitsgesättigten Minen ihre

Körpertemperatur nicht mehr durch Wasserabgabe regeln konnten. Die tödliche Wirkung von großer Hitze in dunstgesättigten Bohrgängen wurde bereits für die Larven von Borkenkäfern von SCHIMITSCHEK (1931) nachgewiesen.

2. Geringer Wassergehalt im Blatt

Während die bereits beschriebene Miniertaktik eine allgemeine Gültigkeit für Blätter mit normalem und wenig verändertem Wasserhaushalt hat, wird die Minierweise mit weiterem Absinken des Wassergehaltes geändert. Die arteigentümliche Minierweise der Junglarven wird hierbei nur in geringerem Maße betroffen. Der genaue Zeitpunkt für den Eintritt der veränderten Fraßmechanik läßt sich nicht einwandfrei angeben, da die Veränderung im gleichen Maße vorangeht wie der Wassergehalt abnimmt.

Der Wechsel der Miniertaktik drückt sich durch Aufgabe des flächigen Fraßes mit oftmaliger Änderung der Fraßplätze zugunsten von fortlaufenden, schmalen Miniergängen mit unregelmäßigen Windungen aus. Die *caffeina*-Raupen verlieren hierbei frühzeitig ihren Ge-

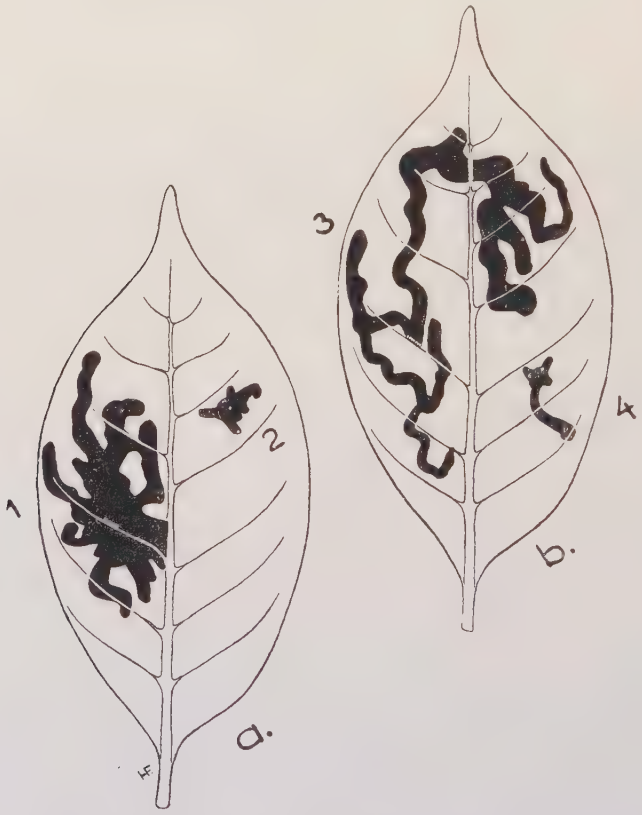


Abb. 6. Anormale Blattminen. a = Wasserarmes Blatt: 1 = *L. caffeina*, 2 = *L. coffeella*; b = Junges, noch wachstumsfähiges Blatt: 3 = *L. caffeina* 4 = *L coffeella*

selligkeitstrieb. An Stelle des einheitlich geschlossenen Fraßbildes entsteht eine mehr oder minder sternförmige Zeichnung, wobei die ausstrahlenden Gänge eine große Unregelmäßigkeit zeigen, sich kreuzen und wieder zu ihrem Ausgangspunkt zurücklaufen können. Die anormale Anlage der Minen kommt bei beiden Arten vor; jedoch geht die Raupe von *coffeella* erst dazu über, wenn der Wassermangel bereits einen höheren Grad erreicht hat. Gleichzeitig läßt sich feststellen, daß die Fraßtätigkeit der Raupen eine Beschleunigung erfährt, wobei größere Nahrungsmengen in der Zeiteinheit aufgenommen werden. Ferner wird je Raupe mehr Blattfläche als in einem normalen Blatt vernichtet. Die Raupen haben also das Bestreben durch beschleunigten Fraß an den Punkt zu gelangen, von wo ab eine Verpuppung möglich ist. Die gesteigerte Freßlust stellt demnach eine Art Schutzmaßnahme dar.

3. Junges Blatt

Eine veränderte Miniertaktik wenden die Larven ferner auch in noch wachsenden Blättern an. Es sei aber bemerkt, daß die ganz kleinen, gelbgrünen Blättchen in unmittelbarer Nähe der Vegetationspunkte nie mit Eiern belegt werden; erst die drei Viertel erwachsenen Blätter von mittelgrüner Farbe werden bei starkem Befall zeitweise bereits berücksichtigt. In diesen noch teilungsfähigen Zellverbänden geht die Miniertätigkeit der Larven in ähnlicher Form vor sich, wie in den wasserarmen Blättern. Die Raupen von *caffeina* schreiten nicht erst zur Anlage einer flächigen Mine, sondern bauen vom Gelege weg ein oder mehrere Gänge, die sich in sehr unregelmäßigen Windungen über die ganze Blattspreite ausdehnen. Die *coffeella*-Larven verändern ihr Minenbild in gleicher Weise, jedoch konnten derartig geschnörkelte Extremata nicht festgestellt werden. Bei beiden Arten ist auffällig, daß der Bedarf an Blattfläche steigt, je jünger die Blätter sind. In Tabelle 2 ist gezeigt, daß die vertilgte Blattfläche je Larve bei *caffeina* auf das 2,8fache und bei *coffeella* auf das 2,2fache der normalen Menge ansteigt. Da der Querschnitt junger Blätter — wie im Falle der „wasserarmen" Blätter — dünner als normal ist, muß die Raupe eine verhältnismäßig größere Fläche ausnutzen.

Die Gründe, welche die Minierraupen veranlassen, in jungen sowie in wasserarmen Blättern ihre Miniertaktik zu ändern, sind noch nicht vollständig geklärt. Nach den Beobachtungen scheint die geringere Höhe des dünnen Blattes die Bewegungsfreiheit der Larven zu vermindern, wodurch sie verhindert werden, einen Flächenfraß auszuführen. Die Höhe des Chlorophyllgehaltes der Blätter ist dabei ohne Einfluß. In panaschierten Blättern und in solchen, deren Chlorophyll infolge einer Krankheit (z. B. Kaffeerost) vor dem Abwurf zurückgezogen wurde, verläuft der Larvenfraß in normalen Bahnen, sofern der Wassergehalt sich nicht ändert.

e) Fraßperiode

Die Länge der Fraßperiode, die fast gleichbedeutend mit der Dauer der Larvenzeit ist, wird durch Faktoren verschiedenen Ursprungs be-

stimmt. Die Verkürzung des Larvenstadiums durch Herabsinken des Wassergehaltes im Blatte wurde bereits erwähnt. Die den Stoffwechsel regulierende Außentemperatur hat den Haupteinfluß auf die Larvenperiode, wobei wieder das schwer bestimmbare Mikroklima der einzelnen Regionen des Kaffeebaumes die ausschlaggebende Rolle spielt. Ferner sind noch individuelle Schwankungen zu berücksichtigen. Eine genaue Messung aller dieser Faktoren war im Rahmen des Arbeitsprogramms nicht möglich; es können daher nur verallgemeinerte Werte angegeben werden. In den heißen Monaten mit einem Temperaturmittel von 22,0 bis 23,5 ° C schwankte die Länge der Larvenzeit zwischen 11 und 18 Tagen. Welche Bedeutung dem Mikroklima zufällt, zeigt die Beobachtung, daß am gleichen Strauch zur selben Zeit die Dauer um drei Tage und mehr differieren kann. Unter Laborbedingungen sank die Larvenzeit bei 25,0 ° auf 10 Tage. In den kühlen Regenmonaten mit einer Durchschnittswärme von 18,5—20,0 ° stieg die Larvendauer auf 15—24 Tage an und lag im Mittel bei 19 Tagen.

f) Verpuppungsort

Zur Verpuppung verlassen die Minierraupen das Blattinnere, wozu sie am Minenrand einen halbkreisförmigen Einschnitt mit dem Durchmesser von 1 mm in die obere Blattepidermis vollführen. Durch diesen Spalt kriechen sie hinaus und bewegen sich sofort zum Blattrand. Die Raupen von *caffeina* spinnen sich von den oberen Blättern auf die unteren ab. Bei den *coffeella*-Larven ist dieser Abseiltrieb nur im geringeren Maße ausgeprägt. Die *caffeina*-Raupen haben in jedem Falle das Bestreben in Erdbodennähe zu gelangen. Hierbei scheuen sie sich nicht, aus tiefstem Schatten kommend eine größere besonnte Fläche zu überqueren. In Versuchen konnte nachgewiesen werden, daß *caffeina*-Raupen, welche auf einem der unteren Blätter angelangt waren und mit der Verpuppung beginnen wollten, sich sofort zum Abseilen anschickten, sobald das Blatt wieder in eine größere Höhe (1,50 m) gebracht wurde. Für die Orientierung der Larven mögen hierbei neben der Phototaxis auch der Luftdruck eine Rolle spielen.

Die spezialisierte Struktur der Miniermottenlarven bewirkt, daß sich ihre Vorwärtsbewegung außerhalb des Blattes vom Kriechen nichtminierender Raupen unterscheidet. Hat die Larve das Abdomen angezogen und die Nachschieber aufgesetzt, so schiebt sie den Kopf nicht dicht über dem Substrat nach vorn, sondern richtet zuerst den ganzen Vorderkörper schräg auf, streckt ihn und senkt ihn dann auf die Unterlage. Die Bewegung stellt somit eine Zwischenstufe vom gewöhnlichen Kriechen einer Raupe und der Lokomotionsart einer Spannerraupe dar.

Die *Leucoptera*-Raupe bevorzugt zur Verpuppung die Blattunterseite, d. h. einen vom Tageslicht abgewandten Platz. Ein Teil der *coffeella*-Larven verpuppen sich auch auf der Blattoberseite, sofern diese nicht dem direkten Sonneneinfall ausgesetzt ist. Außerdem wandern die verpuppungsreifen Larven beider Arten auch auf alle Unkräuter und

Bodenbedeckungspflanzen über, sofern sie horizontale Blattspreiten haben und Schatten spenden. In allen beobachteten Fällen schlüpften die Larven nur während der Tagesstunden — hauptsächlich in der Mittagszeit — aus den Blättern, so daß ihnen eine Auswahl des Platzes nach optischen Gesichtspunkten möglich war.

Sobald die Raupe eine geeignete Blattfläche gefunden hat, sucht sie sich darauf eine flache Mulde zwischen zwei Seitenrippen, um dort ihr Gespinst anzulegen. Für den Bau des Puppenkokons legt sich die Raupe immer so in die Blattvertiefung, daß jederseits in ihrer Längsachse ein erhöhter Rand vorhanden ist, an dem sie das Gespinst befestigen kann. Während des ganzen Spinnvorganges behält die Larve ihre einmal gewählte Lage bei. Nur einige Male wendet sie sich um 180°, um den abdominalen Teil des Kokons zu bauen.

g) Kokonbau

Die Spinntätigkeit beginnt mit der Verfertigung von Stützfäden über der Muldengrund. Zu beiden Seiten des Tieres entsteht hierdurch eine lockere Wand aus weißen Spinnfäden. Darauf fängt die Larve den Bau eines ebenen Schutzdaches für den eigentlichen Kokon an. Dieses hat eine H-förmige Gestalt und spannt sich vom vorderen zum hinteren Rand der Mulde. Es wird in 4 Teile gearbeitet, wobei sich die Larve auf die zuerst gesponnenen Seitenfäden stützt und vom Rande zur Muldenmitte dicht nebeneinander liegende Fäden zieht. Da die Raupe beim Spinnvorgang nur 2 Stellungen einnimmt, kann ein körperbreiter Spalt an jedem Ende längs der Mittelnaht nicht geschlossen werden, wodurch das Dach seine H-förmige Gestalt erhält. Als letztes erfährt das Schutzdach eine seitliche Verankerung durch kurze, senkrecht verlaufende Stützfäden zum Muldengrund. Das Räupchen zieht sich nun gänzlich unter das Dach zurück und baut durch schräg aufwärts Pendeln des Vorderkörpers die seitlichen Stützfäden zu einem zeltartigen äußeren Kokon aus, der jederseits nur an 2 Stellen mit der Decke verbunden wird. Hieran schließt sich als letzter Bauabschnitt die Anfertigung des inneren Kokons, der eigentlichen Puppenwiege, die als spindelförmiger Schlauch in dem äußeren Kokon liegt. Hierbei wird in der ersten Arbeitsphase die Gestalt der Kokonspindel durch Spannen von Längsfäden festgelegt. Dann schafft die Raupe eine dicke Lage ringartig angeordneter Fäden als feste Verbindung der Spindel. Der innere Kokon ist bedeutend dichter als der äußere gesponnen und übertrifft an Festigkeit auch das Schutzdach. Der Spindelkokon besitzt vorn und hinten je einen schmalen Schlitz, der mit dem Mittelspalt des Daches zusammenfällt.

Der Beschauer sieht von dem ganzen komplizierten Puppenkokon nur das weiße H des Schutzdaches, das bei *caffeina* eine durchschnittliche Länge von 7 mm bei einer Breite von 3 mm aufweist. Das Gespinst von *coffeella* ist etwa $^1/_7$ kleiner.

Der ganze Spinnprozeß dauert $5^1/_2$—$7^1/_2$ Stunden. Die Larve läßt sich dabei weder durch unmittelbare Sonnenbestrahlung noch durch den

Eintritt der Dunkelheit stören. Während die äußeren Kokonteile in einem Zug angefertigt werden, legen die Raupen beim Bau des inneren Kokons verschiedene Ruhepausen ein, die gegen Ende immer häufiger werden. Der für das Puppengespinst benötigte Seitenfaden hat eine durchschnittliche Länge von über 43 m.

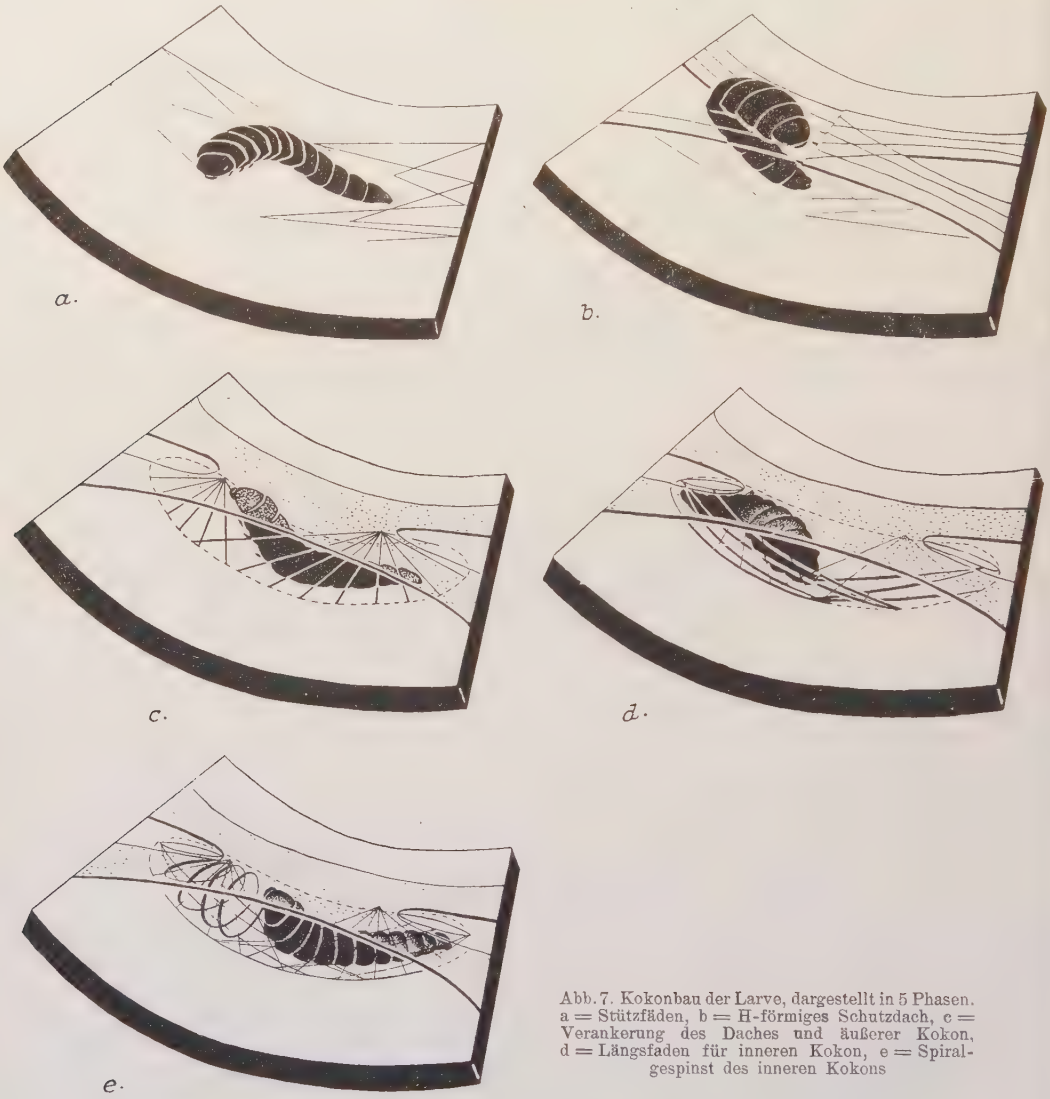


Abb. 7. Kokonbau der Larve, dargestellt in 5 Phasen. a = Stützfäden, b = H-förmiges Schutzdach, c = Verankerung des Daches und äußerer Kokon, d = Längsfaden für inneren Kokon, e = Spiralgespinst des inneren Kokons

Wird die Larve nach Beendigung des Gespinstes daraus entfernt, so ist sie nicht mehr in der Lage, ein zweites anzufertigen. Sie baut dann nur noch einen dünnen Schlauch, der dem inneren Kokon entspricht.

Nach Vollendung des Puppenkokons bleiben die Raupen darin regungslos liegen. Durch Einschrumpfen des Körpers wird die Verpuppung vorbereitet.

III. Puppe

Die Präpupalzeit der Miniermotten ist kurz; noch am gleichen Tage oder während der Nacht, nach Verlassen des Fraßplatzes findet die Verpuppung statt. Die letzte Larvenhaut wird von der Puppe über das Abdominalende abgestreift, wo sie entweder im inneren Kokon liegen bleibt oder durch den hinteren Spalt hinausgeschoben wird. Die anfangs weiße Puppe ist nach einigen Stunden leicht gräulich ockerfarben getönt; nur die Dorsalseite bleibt fast weiß. Die Puppe ist von schlanker Zylindergestalt. Ihre Größe ist sehr verschieden. Sie schwankt bei *caffeina* zwischen 2,2 und 3,3 mm und bei *coffeella* zwischen 1,6 und 2,5 mm.

Die Puppenzeit verkürzt sich mit Ansteigen der Außentemperatur. Sie dauert in der heißen Zeit 7—8 Tage gegenüber 9—11 in den kühlen Regenmonaten.

Am Ende der Puppenruhe schlüpft die Motte durch den Schlitz an der Kopfseite des Kokons. Die leere, opalisierende Puppenhülle bleibt im Spalt des Gespinstes stecken. Die Imagines wählen für den Schlüpfvorgang hauptsächlich die ersten Stunden des Tages.

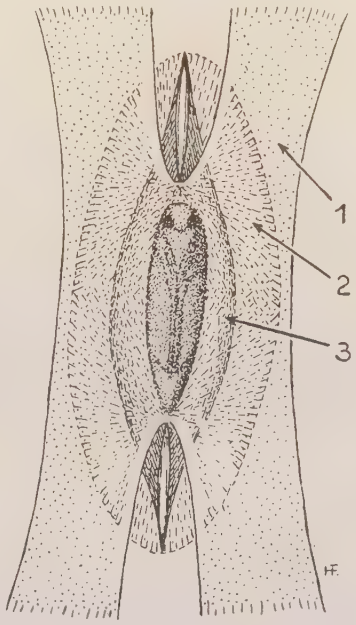


Abb. 8. Puppe im Kokon, Aufsicht (18fach). 1 = Schutzdach, 2 = Äußerer Kokon, 3 = Innerer Kokon

IV. Imago

a) Unterscheidungsmerkmale

Während die Larven und Puppen keine großen morphologischen Unterschiede aufweisen, differieren die Imagines der beiden Arten in Aussehen und Lebensweise stärker voneinander.

In der Ruhestellung sind alle Extremitäten einschließlich der Antennen dicht an den Körper gelegt und werden von den Vorderflügeln verdeckt. Außer diesen kann in der Aufsicht am Vorderkörper nur noch das Schildchen, der Prothorax und jederseits davon das breite erste Antennenglied erkannt werden, welches sich über die Augen legt. Bei der *coffeella* wird außerdem noch der Dorsalrand des nach unten gebogenen Kopfes sichtbar, der bei der *caffeina* einen großen weißen Haarschopf trägt. Die Grundfarbe beider Arten ist rein weiß mit einem leichten goldigen Schimmer, der an den Extremitäten und an der Unter-

seite deutlicher wird. Bei der *coffeella* sind fernerhin die Hinterflügel schwach grau gefärbt.

Das deutlichste Unterscheidungsmerkmal der Motten bildet die Zeichnung auf den Vorderflügeln. Die Grundelemente dieser Zeichnung sind in beiden Fällen jederseits ein ovaler grauer Fleck nahe der Mittelnaht, ein Viertel Flügellänge von der Spitze entfernt, sowie zwei von der Mitte der Vorderkante auf diese Fleckenmakel schräg zulaufende gelbliche Binden mit braunen Konturen. Die Flecken und Binden sind bei der *coffeella* stets deutlich ausgeprägt und kräftig in der Farbe, während sie bei der *caffeina* immer schwach sind und vielfach im weiblichen Geschlecht fast gänzlich fehlen können. Bei *caffeina* ist die Region um die Flecken rein weiß mit Ausnahme eines kleinen gelben Punktes oberhalb derselben. Vom inneren Ende der ersten Binde zieht sich nur noch ein brauner Strich im Bogen zur Flügelspitze.

Das äußere Viertel des *coffeella*-Flügels ist dagegen grau getönt und besitzt vier dunkle, meist braune Querbinden, von denen die zweite die gelben Binden an Breite übertrifft. Die braune Binde biegt außerdem an der Mittelnaht im spitzen Winkel nach vorn um und läuft daran entlang bis zu den dunkelgrauen, auch teilweise schwarzen Fleckenmakeln. Die kräftigere Zeichnung und die Mehrzahl der vorhandenen Querbinden im dunklen äußeren Flügelviertel der *coffeella* sind ein ausreichendes Merkmal, um beide Arten in jedem Fall trennen zu können.

Weiterhin ist ein artlicher Größenunterschied vorhanden, der sich am deutlichsten bei der Längenmessung der Tiere in Ruhestellung ausdrückt, wie man die Motten antrifft. So liegt die Größe der normalen *caffeina*-Imagines zwischen den Extremwerten 3,2 und 4,2 mm, während die *coffeella*-Motten nur eine Länge von 2,0—3,0 mm erreichen. Der Mittelwert liegt bei 3,7 bw. 2,6 mm mit einer Streuung (Standardabweichung) von $\pm$ 0,28 bzw. $\pm$ 0,24 [1]).

Bei beiden Arten besteht noch außerdem ein Sexualdimorphismus in der Körpergröße. Die Masse der Weibchen ordnet sich mit großer Mehrzahl in den maximalen Teil der Größenskala ein, während die Minimalwerte nur von Männchen erreicht werden.

Die normalerweise schöne Abgrenzung der Größenunterschiede bietet wegen der oftmals auftretenden Mottenzwergformen kein sicheres Merkmal für die Artentrennung. Zwerge entstehen bei beiden Arten und gehen beträchtlich unter die Minimalgrenze hinaus. Sie legen ebenfalls Eier, wenn auch nur in geringerer Zahl. Zwergmotten entstehen, sofern die Larven gezwungen sind, das Kaffeeblatt vor Beendigung der Fraßperiode

---

[1]) Streuung oder Standardabweichung (σ) ist der Bereich um den Mittelwert (M), in welchem zwei Drittel aller Beobachtungswerte (m) liegen. Die Berechnung geschieht nach dem Gesetz von BERNOULLI:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1 (m_1\text{-}M)^2 + n_2 (m_2\text{-}M)^2 + \ldots n_k (m_k\text{-}M)^2}{z}}$$

n_1 = Häufigkeitsfaktor des Beobachtungswertes m_1,
z = Gesamtzahl der Beobachtungen.

zu verlassen und sich zu verpuppen. Dieser Umstand tritt ein, wenn die zur Verfügung stehende Blattfläche aufgefressen ist. Sei es, daß bei einer starken Kalamität zu viele Larven in einem Blatte lebten, oder der Weg zur restlichen grünen Blattfläche durch eine alte und vertrocknete Fraßstelle versperrt ist. Ein starker Kaffeerostbefall kann in gleicher Weise die Minierraupen zum Auswandern bzw. Absterben zwingen, was jedoch für die Praxis keinen Vorteil bedeutet. Unter dem Einfluß des Hungers gegen Ende des Raupenstadiums wird in allen diesen Fällen die Metamorphose beschleunigt (HOFMANN, 1934).

b) Lebensäußerungen

Die *Leucoptera*-Motten sind sehr träge Wesen. Den größten Teil des Tages verharren sie in Ruhestellung an einem schattigen Ort im unteren Teil des Kaffeestrauches, meist an der Unterseite eines Blattes. Zur Feststellung der Motten in einem Kaffeebestand schlägt man leicht gegen diese Zweigpartien, um die Motten so zum Auffliegen zu bringen. Bei Störung fliegt *caffeina* gewöhnlich nur ein kleines Stück und läßt sich dann gleich wieder in Ruhestellung nieder. Die *coffeella*-Imagines hingegen sind bedeutend fluglustiger und benötigen zum Auffliegen nur einen geringeren Reizwert. Auch werden von ihnen durchschnittlich größere Strecken zurückgelegt. Die Flugbahn der Motten ist sehr unregelmäßig und besteht in der Mehrzahl aus kleinen Kreisen. Die Flughöhe ist nicht bedeutend, in der Hauptsache fliegen sie zwischen den Kaffeesträuchern umher oder in geringem Abstand über denselben. Die zurückgelegten Entfernungen sind nur sehr gering, große freie Strecken werden normalerweise nicht aktiv überflogen.

Die *coffeella*-Motte besitzt eine große Scheu vor Schatten und begibt sich daher nie in gut beschattete Bestände. Umgekehrt macht die *caffeina* vor besonnten Beständen Halt und bevorzugt den dichten Schatten. In dieser Eigenschaft der Imagines ist die Ursache für die artspezifische Verteilung der Larven auf besonnte und nicht besonnte Lagen zu suchen.

Bei der *coffeella* konnte beobachtet werden, daß die Imagines in den frühen Morgenstunden ganz erstarrt von der Nachtkälte am Erdboden unter den Kaffeesträuchern saßen und erst mit dem Aufsteigen der Sonne sich wieder in das Blattwerk des Strauches begaben, wo sie bis zum Nachmittag ruhig verharrten. In den beschatteten Pflanzungen zeigten die *caffeina*-Motten kein derartiges Verhalten zu Tagesanbruch, sondern blieben immer im Blattwerk.

Während der letzten Tagesstunden — etwa nach 4 Uhr bis Sonnenuntergang gegen 6½ Uhr — herrscht bei beiden Arten eine lebhafte Flugtätigkeit, die im starken Gegensatz zum Verhalten während der übrigen Zeit steht. In diesen Nachmittagsstunden findet die Annäherung der Geschlechter statt. Die Tiere fliegen sehr erregt zwischen den Kaffeepflanzen umher, lassen sich für kurze Zeit auf ein Blatt nieder, laufen darauf suchend umher, indem sie die Flügel auf und zu klappen und lebhaft mit den Antennen spielen. Hat sich in der Luft oder auf dem

Substrat ein Paar gefunden, so beginnt es mit einem Liebesspiel, dem sich die Kopulation anschließt.

Beim Liebesspiel umschwirren sich die Partner einige Zeit und fliegen dicht beieinander in engen Spiralen in der Nähe der Sträucher auf und ab. Plötzlich lassen sie sich auf einem Blatt nieder, wo sie durch Zusammenpressen der Abdominalenden die Copula vollziehen. In den ersten Minuten schlagen die Tiere dabei lebhaft mit den Flügeln und vibrieren mit den erhobenen Antennen. Zeitweise bewegen sie sich gemeinsam im Kreise umeinander oder laufen hin und her. In dieser Phase trennen sich die Motten bei der geringsten Störung und beginnen den Begattungsakt von neuem nach einem kurzen Spiel in der Luft. Im späteren Stadium der Vereinigung bleiben die voneinander abgewandten Partner mit zusammengeklappten Flügeln und leicht erhobenen Abdominalenden ruhig sitzen. Die Kopulation dauert durchschnittlich eine Stunde und wird ungestört auch nach Eintritt der Dunkelheit fortgeführt. Hernach sind die Tiere sehr ermattet; sie laufen ein Stück auseinander und verharren dann in Ruhestellung. Die Begattung der Miniermotten findet nur einmal im Leben statt. Die Weibchen, welche am Morgen schlüpfen, führen sie am Abend desselben Tages aus.

c) Eiablage

Im Laufe der folgenden zwei Tage findet die Eiablage statt. Die *caffeina*-Motte heftet an der Oberseite eines Kaffeeblattes je ein bis zwei Gelege mit durchschnitlich sechs Eiern. Das *coffeella*-Weibchen hingegen belegt ein Blatt mit nur ein bis vier einzelnen Eiern; dadurch verteilt sich die Eimenge bei ihr auf eine größere Zahl von Blättern. Der Modus der artspezifischen Eiverteilung bedingt, daß eine flächenmäßige Ausbreitung der *coffeella*-Motte viel schneller geschehen kann, als es der *caffeina* möglich wäre. Andererseits werden durch Häufung der *caffeina*-Larven größere Schäden und Ausfälle am Blattwerk verursacht. Eine im Blatt einzeln auftretende *coffeella*-Raupe bedeutet keine nennenswerte Störung und nie einen Totalverlust des Blattes.

Im Höhepunkt einer Miniermottengradation können die Regeln der Eiverteilung nicht mehr eingehalten werden. Die Tiere müssen sich auf weniger Blätter beschränken, die dann sogar mehrfach belegt werden. Von der *caffeina* wird allgemein der untere Teil des Kaffeestrauches zur Eiablage bevorzugt. Die *coffeella* macht diese Unterscheidung nicht und belegt alle Regionen der Pflanze gleichmäßig. An dicht beblätterten Bäumen (Sorte Bourbon) meidet sie jedoch die niedrigen Zweige, sofern diese vollen Schatten erhalten.

Die Zahl der vom *caffeina*-Weibchen abgelegten Eier schwankte in meinen Zuchten zwischen 24 und 78 Stück. Diese Werte liegen unter dem Durchschnitt, der nach mündlicher Versicherung von KIRKPATRIK, Amani, und NOTLEY, Lyamungu, sich für Ostafrika bei etwa 200 bewegen soll. Für die Eizahl der *coffeella* können keine genauen Werte angegeben werden. Allgemein muß bei Miniermottenzuchten die Er-

fahrung gemacht werden, daß auch unter besten Bedingungen die Weibchen sehr schwer zur Eiablage zu bewegen sind. Viele Beobachtungen deuten darauf hin, daß die Legetätigkeit von bestimmten mikroklimatischen Bedingungen abhängig ist, deren Ausmaße sehr eng gezogen scheinen. Genaue Grenzen müssen bislang als unbekannt gelten. Dergleichen bleibt die Frage offen, ob noch eine anderweitig begründete Sterilität bei der Legemüdigkeit der Motten eine Rolle spielt.

Nach der Eiablage bleiben die Weibchen noch weitere zwei bis drei Tage am Leben. In den warmen Monaten beträgt die Lebensdauer der Imagines etwa sechs Tage. In den kühlen Zeiten leben sie einige Tage länger; als Höchstwert wurden 12 Tage im Regenmonat April gemessen.

Eine Nahrungsaufnahme findet bei den *Leucoptera*-Motten nicht mehr statt. Ob die Zuchtbehälter vollständig trocken blieben oder den Motten schwaches Zuckerwasser in Wattebäuschen oder fein zerstäubt auf den Blättern gegeben wurde, war ohne Einfluß auf die Länge des Lebens und die Legetätigkeit. Von der dargereichten Feuchtigkeitsquelle nahmen die Imagines keine Notiz.

V. Lebenszyklus und Generationsdauer

Die Literaturangaben über die Dauer einer Miniermottengeneration gehen weit auseinander (Morstatt, Notley). Beobachtungen unter Berücksichtigung der herrschenden Temperaturen liegen nicht vor. Zur Klärung dieser für die Bekämpfung so wichtigen Frage wurden Freilandzuchten von *L. caffeina* Washb. mit Temperaturregistrierung sowie genauer Beachtung der natürlichen Witterungsbedingungen an erwachsenen Kaffeebäumen (Bourbon) im Laufe von vier Monaten, d. h. von der heißen Zeit (Februar) bis fast an das Ende der Regenzeit (Mai) ausgeführt. Tabelle 3 gibt hiervon die empirischen Werte.

Wie zu erwarten, wirkt das kühle Wetter der Regenmonate hemmend auf die Entwicklung der Motten ein. Findet in den warmen Monaten die Eiablage am ersten und zweiten Tag nach dem Schlüpfen der Weibchen statt, so kommt es bei einer Durchschnittstemperatur unter 21 ° C erst nach zwei bis drei Tagen dazu. Die Dauer der Eientwicklung erhöht sich gleichfalls und dauert statt einer Woche bis zu zehn Tagen. Den größten Einfluß gewinnt der Temperaturrückgang auf die Länge der Larvenzeit, die über das Doppelte ansteigen kann. Die Puppenruhe erfährt eine Verlängerung von zwei bis drei Tagen.

Auf Grund der beobachteten Gesamtentwicklungsdauer von *L. caffeina* soll nachstehend der Versuch unternommen werden, das Verhältnis von Entwicklungszeit zur herrschenden Temperatur zu klären. Hierfür sei die erweiterte Wärmesummenregel von Blunck benutzt, die für die Entwicklung der Insekten in großen Zügen gemeinhin gilt und allgemein als brauchbar anerkannt wurde. Danach ist das Produkt aus Temperatur (T) und Entwicklungsdauer (t) bei jeder Art unter sonst gleichen Bedingungen konstant (k). Mathematisch ausgedrückt ist

$$(T - c)\, t = k.$$

In die Formel darf nicht einfach die Temperatur über den Gefrierpunkt eingesetzt werden, sondern die Differenz über dem Entwicklungsnullpunkt (c) der Art. Die Abhängigkeit der Entwicklung von der Temperatur stellt demnach eine Hyperbel dar, deren mittlerer Teil mit ziemlicher Genauigkeit dieses Verhältnis anzeigt.

Hiernach ergibt sich folgende Punkttabelle.

Tabelle 3

Entwicklungszeiten und Generationsdauer von *Leucoptera caffeina* WASHB.

Zucht Nr.	Imagines der P-Generat. geschlüpft	Eiablage		Eientwicklung		Larvenzeit		Puppenruhe		Generationsdauer in Tagen	Durchschnittstemp. in °C
		Datum	Zeit in Tagen	Schlüpfen der Larven	Zeit in Tagen	Verpuppung	Zeit in Tagen	F-Generat. geschlüpft	Zeit in Tagen		
I P	9. 2. 39	10.—11. 2.	1—2	17.—18. 2.	7	28. 2.—1. 3.	11	9. 3.	8—9	28	24,0 t_1
II P	10. 2. 39	11.—12. 2.	1—2	18.—19. 2.	7	2.—3. 3.	12	11.—12. 3.	9	29—30	23,9
III F1	9 3. 39	11. 3.	2	18. 3.	7	31. 3.	13	8. 4.	8	30	23,2
IV F1	11.—12. 3.	13. 3.	1—2	20. 3.	7	2. 4.	13	10. 4.	8	29—30	23,0
V F2	10. 4. 39	12.—13. 4.	2—3	20.—23. 4.	8—10	7.— 8. 5.	14—16	16.—18. 5.	9—10	36—38	21,0 t_2
VI F2	10. 4. 39	12.—13. 4.	2—3	20.—23. 4.	8—10	11.— 12. 5.	20—21	21.—23. 5.	10—11	41—43	19,8

Von den empirischen Werten in Tabelle 3 seien die Kurvenpunkte P_1 mit den Koordinaten $t_1 = 28$ Tage und $T_1 = 24{,}0\,^0$ und P_2 mit $t_2 = 37$ Tage (Mittelwert) und $T_2 = 21{,}0\,^0$ gewählt. Danach ist

$$(T_1 - c)\, t_1 = k$$

$$\text{und } (T_2 - c)\, t_2 = k$$

$$\text{sowie } c = T_1 - \frac{t_2 (T_2 - T_1)}{t_1 - t_2} = 24{,}0 - \frac{37\ (21{,}0 - 24{,}0)}{28 - 37} = 11{,}7.$$

Der Entwicklungsnullpunkt, d. h. der Temperaturgrad, unterhalb dessen keine Entwicklung mehr stattfindet, liegt für *L. caffeina* bei + 11,7 ° C.

Die für diese Art geltende konstante Wärmesumme ist demgemäß:

$$k = \frac{t_1\, t_2\, (T_2 - T_1)}{t_1 - t_2} = 345$$

Die Berechnung der den verschiedenen Entwicklungszeiten zugeordneten Temperaturen, d. h. der einzelnen Kurvenpunkte (P^a) geschieht durch Einsetzen der speziellen Werte in die allgemeine Kurvengleichung:

$$(T_a - c)\, t_a = k.$$

Dem gefundenen Jahresmittel von 20,77 ° entspricht somit als Jahresdurchschnitt eine Entwicklungsdauer von 38 Tagen, was besagt, daß im Laufe des Beobachtungsjahres bei dieser Temperatur 9,6 Generationen auftraten.

Für die Praxis bedeutet es, daß in den unteren Lagen des Kilimandscharo (1000—1100 m im Normaljahr mit 9—10 Generationen zu rechnen ist. Auf den höher gelegenen Pflanzungen (bis 1650 m) wird die Generationszahl je Jahr proportional der niederen Jahresmittel auf 8 eventuell auch 7 absinken, was durch entsprechende Messungen zu bestätigen wäre. Temperaturangaben aus diesen Lagen sind bisher nicht bekannt.

Tabelle 4

Entwicklungszeiten von *L. caffeina* mit den zugeordneten Durchschnittstemperaturen und empirischen Werten

t	T	empirisch	t	T	empirisch
5	80,8		41	20,1	
10	46,2		42	19,9	19,8
15	34,7		43	19,7	
20	28,9		44	19,6	
25	25,5		45	19,4	
26	24,9		46	19,2	
27	24,5		47	19,0	
28	24,0	24,0	48	18,9	
29	23,6	23,9 — 23,0	49	18,8	
30	23,2	23,2	50	18,6	
31	22,8		55	18,0	
32	22,5		60	17,5	
33	22,1		65	17,0	
34	21,8		70	16,6	
35	21,6		80	16,0	
36	21,3		90	15,5	
37	21,0	21,0	100	15,2	
38	20,8		150	14,0	
39	20,6		200	13,4	
40	20,3		300	12,8	

Unter Verwendung der auf der Beobachtungspflanzung gemessenen Monatsmittel sind diesen folgende Entwicklungszeiten zugeordnet:

Tabelle 5

Gemessene Monatsmittel in Celsius-Graden, deren errechnete Entwicklungszeiten in Tagen und die gemessenen monatlichen Niederschläge in Millimeter auf einer Pflanzung in 1050 m Höhe

Monat	Monatsmittel	Niederschlag	Entwicklungsdauer
Januar	22,4	37	32
Februar	23,4	16	30
März	22,6	158	32
April	21,0	630	37
Mai	18,9	565	48
Juni	18,0	182	55
Juli	18,2	25	53
August	19,3	20	45
September	20,2	5	41
Oktober	21,6	87	35
November	21,6	65	35
Dezember	22,0	22	33

Die Generationszahl der polyvoltinen Kaffeeminiermotten ist also stark vom Klima abhängig und daher schwankend, was die Beobachtungen von Bodenheimer (1927) bestätigt.

Notley hat für die Versuchsstation Lyamungu (etwa 1450 m) bei Moshi beobachtet, daß sich das Schlüpfen der *Leucoptera*-Motten normalerweise zeitlich auf fünf Punkte des Jahres, die etwa 45 Tage auseinander liegen, in verschieden starkem Maße akkumuliert, was nach seiner Ansicht der zeitlichen Aufeinanderfolge einzelner Motten-

generationen entspricht. *L. coffeella* soll eine Generation in 47 Tagen vollenden. Die von NOTLEY beobachteten fünf Höhepunkte des Mottenschlüpfens würden aber nur 225 Tage oder 7½ Monate decken, was in den restlichen 4½ Monaten geschieht, ist nicht ausgesagt. Ebenso fehlen meteorologische Daten, so daß es nicht gerechtfertigt erscheint, unter Berücksichtigung der vorangehenden Darlegungen aus diesen Angaben einen verallgemeinerten Schluß auf die Generationslänge der Miniermotten zu ziehen.

C. Parasiten

Die Kaffeeminiermotten besitzen als Parasiten eine Reihe von Schlupfwespen, deren Leben in inniger Wechselbeziehung zum Wirte steht. Der Jahresbericht der Kaffeeversuchsstation Lyamungu von 1938 zählt für das Kilimandscharogebiet 22 Arten auf, die ausnahmslos Larvenparasiten sind. Parasiten der Puppe sind bisher nicht bekannt geworden.

Die Verbreitung dieser Schlupfwespen innerhalb des Kaffeegebietes ist nicht gleichmäßig. So erlangen eine oder mehrere Arten in einem Bezirk die Oberhand, wogegen ihr Auftreten in der Umgebung zur gleichen Zeit schwach oder sogar selten sein kann. Während der Beobachtungszeit im Bezirk Uru bildete die metallgrüne Chalcidide *Pleurotropis coffeicola* Ferr. die überwiegende Mehrheit unter den Parasiten von *L. caffeina*. *Costerocerus africanus* Waterst. und *Achrysocharella ritchei* Ferr.[1]) waren die nächst häufigsten Arten.

Pleurotropis coffeicola war während des ganzen Jahres auf den Pflanzungen anzutreffen. Die Häufigkeit ihres Vorkommens folgt der Gradation der Miniermotte. Da sie einen höheren Anspruch an Wärme und Sonnenbestrahlung als der Wirt stellt, entfaltet die Schlupfwespe nur an warmen und durchsonnten Tagen eine rege Lebenstätigkeit. Bei kühlem und regnerischem Wetter tritt sie nicht in Erscheinung. Besonders um die Mittagszeit fliegen die Wespchen in schnellem Fluge zwischen den Kaffeepflanzen umher und suchen ein Blatt nach dem anderen ab. Hat sich das Wespchen auf einer Blattspreite niedergelassen, so läuft es darauf emsig umher, indem es nach den hellgrünbraunen Fraßbildern der Minierraupen sucht. Nach Auffinden einer solchen Stelle, erkundet es diese nach allen Richtungen, wobei es sich mit langsamen Schritten in regellosem Wechsel vorwärts, seitwärts und auch rückwärts bewegt. Die nach vorn ausgestreckten Antennen trommeln dabei im schnellen Rhythmus auf die Blattepidermis. Ist eine Minierlarve darunter ausgemacht, so versichert sich das Wespchen durch „Abtrommeln" von deren genauer Lage. Darauf bleibt es über der Larve stehen und belegt sie mittels eines kurzen Legestachels durch die Epidermis hindurch mit einem Ei. Dieser Legevorgang

[1]) Die Bestimmung der Wespen danke ich Herrn Prof. H. BISCHOFF, Zool. Mus., Berlin.

dauert nur ein paar Sekunden, worauf sich die Wespe gleich wieder auf Suche nach einem neuen Opfer begibt.

Die *Pleurotropis coffeicola* wählt zur Eiablage nur Minierraupen, die ein bis drei Tage alt sind. Gewöhnlich wird nur ein Teil der in einer Mine lebenden Larven mit Eiern versehen. Die infizierten Raupen setzen ihre Fraßtätigkeit normal fort und unterscheiden sich auch sonst in keiner Weise von ihren unversehrt gebliebenen Geschwistern. Erst gegen Ende der Larvenperiode, wenn die heranwachsenden Parasitenlarven in ihnen größere Zerstörung anrichten, hören sie mit ihrer Minierarbeit auf und bleiben fast bewegungslos im Fraßgang liegen. Sie besitzen auch nicht mehr die Kraft, das Blattinnere zum Zwecke der Verpuppung zu verlassen. Einen Tag nach Schlüpfen der gesunden *caffeina*-Raupen, verläßt die fußlose *Pleurotropis*-Larve die Raupenhaut und schreitet innerhalb der Mine noch am gleichen Tage zur Verpuppung. Sie nimmt nach einigen Stunden eine glänzend schwarze Farbe an. Für gewöhnlich liegen diese Puppen zwischen dem dunklen Raupenkot. Wenn die junge Schlupfwespe die Puppe verlassen hat, bohrt sie — die vorhandenen Schlupflöcher der Minierraupen außer acht lassend — ein kleines kreisrundes Loch in die mittlerweile vertrocknete Epidermis und begibt sich hierdurch auf die Blattoberseite ins Freie.

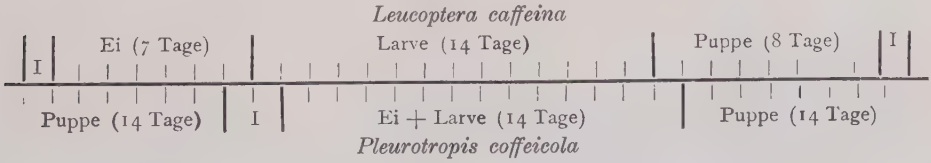
D. Miniermotte und Parasit

Der Lebenskreislauf von *Pleurotropis coffeicola* steht in engem Zusammenhang mit dem Zyklus von *Leucoptera caffeina*. Nach den gemachten Beobachtungen ist die Generationsdauer von Wirt und Parasit gleichlang. Die temperaturbedingten Veränderungen in der Entwicklung machen beide im gleichen Verhältnis mit.

Das *Pleurotropis*-Weibchen legt seine Eier meistens einen Tag nach Auskriechen der jungen Minierraupen an diese ab, und die Parasitenlarven werden einen Tag nach den nicht infizierten Wirtslarven verpuppungsreif. Während der Wirt ein kurzes Puppenstadium von 8 Tagen hat, besitzt der Parasit eine längere Puppenruhe von 14 Tagen, so daß die Tochtergeneration der Wespen wieder die *Leucoptera*-Junglarven der F_1-Generation antrifft und sofort wieder mit Eiern belegen kann.

Tabelle 6

Lebenszyklus der Miniermotte (*Leucoptera caffeina* Washb.) und der Schlupfwespe (*Pleurotropis coffeicola* Ferr.). I = Imago



Der Beginn einer *Pleurotropis*-Generation liegt immer um ein Viertel einer *Leucoptera*-Generation zurück, d. h. um die Länge der

Eiperiode des Wirtes. Das Ei- und Larvenstadium des Parasiten — eine genaue Abgrenzung der beiden Zustände war nicht möglich — beanspruchen zusammen die halbe Generationsdauer, während die andere Hälfte vom Puppenstadium ausgefüllt wird. Die Imaginalzeit ist normalerweise kurz, kann aber im Gegensatz zur Miniermotte eine Verlängerung von einigen Tagen erfahren, wenn nicht sofort geeignete Altersstadien des Wirtes zur Verfügung stehen.

Die Generationenfolge des Parasiten ist demnach in allen Phasen eng an die des Wirtes angepaßt. Da die *Pleurotropis*-Larven hochwertige animalische Nahrung zu sich nehmen, können sie in einer viel kürzeren Zeit das Larvenstadium beenden als die von Blattmaterial lebenden Raupen. Dadurch schließen beide Partner ihre Larvenperiode zur gleichen Zeit ab. Die lange Puppenruhe des Parasiten überbrückt zeitlich genau das Imaginal- und Eistadium des Wirtes. Im ganzen wird hierdurch erreicht, daß die Wespen, die nur etwa 9—11 Tage am Leben weilen, gleich zu Anfang der Imaginalzeit auf Jungraupen des Wirtes stoßen und damit die Vermehrung gesichert ist. Da der Parasit andererseits eine längere Legezeit von mehreren Tagen besitzt, hat er die Möglichkeit, Unregelmäßigkeiten im Gleichlauf der beiden Lebenszyklen auszugleichen. Ferner kann er damit auch auf andere Wirtspopulationen überwechseln, deren Generationskreis um mehrere Tage hinter dem seines ursprünglichen Wirtes liegt.

Zieht man den Zustand einer Miniermottenkalamität in Betracht, wo sämtliche Stadien des Wirtes zu gleicher Zeit vorhanden sind, so scheint die Angleichung der zwei Lebenszyklen überflüssig zu sein. Die Tatsachen beweisen jedoch das Gegenteil. Das Entstehen einer Miniermottengradation [1]) erfolgt in jedem Falle an einzelnen Punkten der Pflanzung, von wo aus eine konzentrische Verbreitung stattfindet. Die Ursachen für das Aufflammen der Epidemie an diesen besonderen Stellen bedürfen noch der Klärung. Viele Beobachtungen bestärken die Annahme, daß hierbei besonders günstige, mikroklimatische Verhältnisse einen entscheidenden Einfluß ausüben. Die intensive Vermehrung nimmt also von einzelnen Populationen ihren Ausgang. Demzufolge sind zur gleichen Zeit an diesen Plätzen etwa nur Eigelege vorhanden, worauf man nach einigen Tagen nur minierende Raupen vorfindet, und der Mottenflug der Filialgeneration zeitlich geschlossen vor sich geht. In der nächsten Generation machen sich aber die individuellen Verschiedenheiten in der Entwicklungszeit stärker bemerkbar, indem der Flug der F_2-Motten sich über eine längere Zeiteinheit erstreckt. Durch die sich von Generation zu Generation häufenden individuellen Schwankungen kommt es ungefähr in der F_4-Generation zu einer vollständigen Überlagerung der einzelnen Stadien. Es treten

[1]) Gradation = „Gesamtheit der Erscheinungen vom Beginn einer Individuenzunahme über den Höhepunkt einer Übervermehrung bis zum Abklingen", Definition von STELLWAAG (1921).

jetzt nebeneinander Eigelege, Raupen und Puppen auf. Nur mit Mühe lassen sich an Hand des Mottenfluges die Grenzen der Generationen noch festlegen. Zu Beginn einer Miniermottengradation finden sich also scharf getrennte Generationsintervalle von temperaturbedingter Länge, die aber mit der Ausbreitung des Schädlings im Laufe der Generationen verwischen, so daß ein vollständiges Nebeneinander aller Stadien entstehen kann.

Eine Gradation der Miniermotten wird jedoch in den seltensten Fällen den geschilderten glatten Verlauf nehmen, da sich sehr bald die Tätigkeit der Parasiten bemerkbar macht. Der Vorteil, den die *Pleurotropis* durch Angleichung ihres Lebenszyklus' besitzt, ist für den Anfang und das Ausklingen einer Wirtskalamität offensichtlich.

In den warmen und trockenen Monaten ist die Parasitierung der Miniermotten besonders stark. Wie beobachtet wurde, sind die Wespchen zu diesen Zeiten schnell in der Lage, eine örtliche Kalamität des Wirtes zu stoppen und damit eine Ausbreitung zu verhindern. In den kühlen Regenmonaten hingegen geht das Schlupfwespenauftreten sehr zurück, wodurch stellenweise eine vollkommen ungehinderte Ausbreitung der Miniermotten stattfinden kann. Wirt und Parasit stellen also gänzlich andere Ansprüche an Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Dadurch ergeben sich zwangsläufig Schwankungen in der Höhe der Parasitierung, welche durch Witterung ausgelöst werden. Parallele Erscheinungen fand Gonzales (1935) beim Kokosnußblattminierer *Promecotheca cumingi* (Chrysomel.) auf den Philippinen.

Nicht ohne Einfluß auf den Bestand der nützlichen Parasiten sind die chemischen Bekämpfungsmittel, welche in der Pflanzung gegen tierische und pilzliche Schädiger im Laufe des Jahres angewendet werden, was im Kapitel „Probleme der Bekämpfung" näher aufgeführt werden soll.

E. Miniermotte und Kaffeebaum

Die Wechselbeziehungen zwischen Miniermotte und Kaffeepflanze werden in der Hauptsache durch das Klima — oder besser gesagt — durch die zeitweilig herrschende Witterung beeinflußt. Der klimatische Einfluß auf die Pflanze ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht von Interesse und würde zu weit führen. Dagegen soll die Wirkung des Klimas und der Witterung auf die *Leucoptera*-Arten eine Würdigung finden.

I. Witterungseinflüsse

Bei dieser Betrachtung muß der große Unterschied berücksichtigt werden, der in der Lebensweise der einzelnen Entwicklungsstadien besteht. Während Imagines und Eier nur den Faktoren der Außenwelt ausgesetzt sind, treten beim Larven- und Puppenstadium noch weitere Einflüsse, zum Teil vom Baume selbst hinzu.

Da die Schnelligkeit der Entwicklung eines Insekteneies in erster Linie von der Temperatur abhängt, wirkt bei den auf der Blattspreite abgelegten *Leucoptera*-Eiern die Sonnenbestrahlung begünstigend. Regenfälle haben nur insofern einen unmittelbaren Einfluß, als sie durch ihre Heftigkeit die Gelege abspülen können, was jedoch nur äußerst selten beobachtet wurde. Die indirekte Einwirkung des Rengens ist bedeutend größer, insofern als der dadurch bedingte Temperatursturz entwicklungshemmend wirkt.

Im stärkeren Maße machen sich die Witterungseinflüsse an dem empfindlicheren Schmetterling bemerkbar. Allgemein ist zu sagen, daß eine hohe Luftfeuchtigkeit, resultierend aus starkem Morgentau oder leichten Regenfällen für die Lebenstätigkeit der *caffeina*-Motte anregend ist. Auf der anderen Seite finden die Imagines von *coffeella* ihre günstigsten Bedingungen schon bei geringerem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Da auch in diesen Fällen Wärmezunahme eine Lebenssteigerung bedingt, sind die feuchtwarmen, d. h. schwülen Tage als Optima für die Motten anzusehen, wo ihre Lebensäußerungen auf das Höchste gesteigert werden. Ein Übermaß an Niederschlag und der damit bedingte Temperaturrückgang, wie ihn die große Regenzeit bietet, steht den Lebensinteressen der fliegenden Motten entgegen. Hierbei zeigt *L. caffeina* eine weit größere Resistenz als *L. coffeella*. Die Ursachen der Regenwirkung sind in der Hauptsache physikalischer Natur. Durch die sich täglich wiederholenden, heftigen Platzregen (bis 15 mm in der Stunde) und der sich unter den Schattenbäumen lange haltenden Nässe und Kälte werden die zarten Motten entweder sofort vernichtet, ohne daß sie zur Kopulation und Eiablage gelangen, oder sie werden in ihrem Fortpflanzungsgeschäft mindestens sehr gehindert.

Die unmittelbare Einwirkung der Witterung auf die im Blattinneren lebende Minierraupe beschränkt sich nur auf den Wechsel der Temperatur, die fördernd, hemmend oder aber auch tötend wirken kann. Vor Niederschlägen ist die Larve vollkommen geschützt. Der Regen kann aber in der kritischen Zeit beim Verlassen des Blattes unangenehme Folgen haben. Die Larven werden von den Blättern gespült und kommen auf dem durchnäßten Untergrund um. Außerdem dringt das Regenwasser durch die Schlupflöcher in der oberen Epidermis in die Mine ein und tötet die noch nicht geschlüpften Raupen an ihren Fraßplätzen. Die klimatischen Faktoren wirken aber auch mittelbar auf die Raupen, indem sie den Wasserhaushalt der Pflanze verändern und so den Biotop der minierenden Larve umgestalten. Wie bereits dargelegt wurde, haben dann die Jungraupen sogar mit aktiven Abwehrmaßnahmen der Pflanze (Wundkallusbildung) zu rechnen.

Auf die Puppe ist nur die Temperatur von Einfluß. Durch ihre geschützte Lage und durch den dicht gesponnenen Kokon ist sie weitgehend vor Regenwasser und anderer Feuchtigkeit gesichert.

II. Massenwechsel

Das Klima des Kilimandscharogebietes erlaubt zu allen Jahreszeiten ein Vorhandensein und eine ständig wechselnde Aktivität beider *Leucoptera*-Arten. Das Auftreten unterliegt großen zeitlichen und örtlichen Schwankungen, deren Abhängigkeit vom Klima keineswegs als geklärt gelten darf. Während an einem Ort eine Miniermottenkalamität vorhanden ist, wird man häufig schon in den Nachbarpflanzungen nur einen geringen Befall vorfinden, oder der Schädling bildet dort sogar im Augenblick eine seltene Erscheinung. Zu anderen Zeitpunkten des Jahres kann genau der umgekehrte Fall eintreten. Im ganzen gesehen, läßt sich das örtliche Auftreten der *Leucoptera*-Spezies als Welle mit unregelmäßiger Frequenz und Amplitude darstellen. Auf Grund der klimatischen Unterschiede, die infolge der Höhendifferenzen im Anbaugebiet herrschen, muß das jährliche Gradationsdiagramm für jede Pflanzung — besser noch — für jede Lage in anderer Weise verlaufen. Innerhalb dieser kleinen Areale treten noch die verschiedenartigsten Kleinklimaten hinzu, die das Gesamtbild der Miniermottengradation weiterhin komplizieren.

Aus den örtlichen Schwankungen lassen sich jedoch einige jahreszeitlich bedingte Allgemeinzüge ablesen, die im wesentlichen für das ganze Anbaugebiet gelten, bei beiden Arten aber unterschiedlich sind. Infolge ihres hohen Feuchtigkeitsbedürfnisses ist mit einer Vermehrung von *caffeina* hauptsächlich während und kurz nach der Regenzeit zu rechnen. Besonders in Monaten, wo Regenfälle leichteren Charakters mit Sonnenschein abwechseln, sind die günstigsten Voraussetzungen für eine Massenvermehrung gegeben. Dieser Umstand kann zeitweise auch in der Vorregenzeit, sowie in allen übrigen Monaten mit reichlichem Niederschlag eintreten (Tabelle 5); jedoch entbehrt hierbei die *caffeina*-Vermehrung meist den Charakter einer Allgemeinverbreitung. Je nach Lage kommt es dann zu einem Massenauftreten innerhalb verhältnismäßig kleinen Arealen. Die heißen und trockenen Monate sind im Durchschnitt Zeiten geringen *caffeina*-Befalls.

Wie die bisherige Erfahrung zeigt, ist die künstliche Bewässerung praktisch ohne Einfluß auf die Vermehrung. Die alte Methode der Tellerbewässerung hat bei nur geringer Erhöhung der Luftfeuchtigkeit ausschließlich einen Einfluß auf die Pflanze. Die im Jahre 1938 erstmalig auf der Pflanzung Kifumbu (Uru) angewendete künstliche Beregnung mit großen Rotationsspritzen hatte in den Pflanzungsblocks kein Ansteigen dieses Schädlings zur Folge. Die durch die Beregnung geschaffene höhere Luftfeuchtigkeit hält nur etwa zwei Tage an und genügt anscheinend nicht, der Motte einen Anstoß zu stärkerer Vermehrung zu geben. Da die Beregnungsanlage nur während eines Jahres im Kaffee ausprobiert werden konnte, läßt sich noch nichts Näheres über ihren Einfluß auf die Schädlingswelt sagen.

Während mit einer Massenvermehrung von *caffeina* in den Monaten mit großer Feuchtigkeit zu rechnen ist, findet die Abhängig-

keit der *coffeella* vom jährlichen Klimazyklus durch ein starkes Anwachsen in den Zeiten der Hitze und Trockenheit, wie z. B. in den Monaten vor der großen Regenzeit, ihren Ausdruck. Im großen und ganzen spielt diese Art am Kilimandscharo nur eine untergeordnete Rolle, trotzdem sie über das ganze Gebiet verbreitet in jeder Pflanzung zu finden ist. Wirkliche Kalamitäten konnten bisher nur in kleinen Arealen einiger schwach beschatteter Pflanzungen festgestellt werden. Im Laufe der Regenzeit geht ihr Bestand stark zurück, so daß sie dann auch in den für sie günstigen Lagen zu einer seltenen Erscheinung wird.

Bei beiden Mottenarten sind neben der artspezifischen Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen noch verschiedene Unterschiede hinsichtlich der von ihnen bevorzugten Örtlichkeit zu machen. Die allgemeinen Anforderungen an den Charakter des Biotops fanden bereits Erwähnung. So erstrecken sich die Beschädigungen der *coffeella*-Motte hauptsächlich auf die oberen und äußeren Partien des Kaffeebaumes. Erst bei fortgeschrittener Kalamität, wenn die Randteile des Laubwerkes mit Minen bedeckt sind, wenden sich die Imagines mehr und mehr den inneren und unteren Teilen der Pflanze zu. Bei der *caffeina* verläuft dieser Befallsprozeß nahezu umgekehrt. Zuerst werden die Blätter der unteren Zweige benutzt, wobei das Innere des Strauches jedoch ebenfalls gemieden wird. Nur in Lagen mit starker Beschattung wendet sich *caffeina* in gleicher Weise auch allen äußeren Partien des Blattwerkes zu. Auffällig ist ferner, daß die Ränder der Felderblocks, sowie alle einzeln wachsende Bäume stets einen größeren Befall als die geschlossen stehenden Mittelpflanzen aufzuweisen haben. Kaffeebäume, die in unmittelbarer Nähe der Wassergräben wachsen, haben im Gegensatz zu ihrer Umgebung ein gesteigertes *caffeina*-Auftreten zu verzeichnen, was besonders in heißen Zeiten augenfällig ist und seine Erklärung in der Feuchtigkeitsliebe der Art findet.

III. Gradationsbeispiel

Nachstehende Beobachtung soll zeigen, wie sich eine *caffeina*-Gradation an der Kaffeepflanze auswirkt. Es handelt sich hierbei um Untersuchungen, die in die Zeit von August bis März fallen. Das gut beschattete Versuchsfeld war annähernd 1,5 ha groß und wies einen alten, teilweise lückenhaften Bestand von Arabicabäumen der Sorte Bourbon auf, zwischen denen Kentbäume nachgepflanzt waren. Die Höhenlage betrug 1045 m ü. M. in der Landschaft Uru, nordwestlich von Moshi.

1. Ende August:

Sehr starker Befall durch *L. caffeina*. Etwa 70 % der Blätter mit alten und neuen Minen (Fx-Generation), welche aber größtenteils schon verlassen waren. Viele Gelege (Fx_1-Generation), durchschnittlich 1 je Blatt. Geringer Blattfall. Schlupfwespentätigkeit.

2. Ende September:

Befallsstärke erhöht; über 90 % der Blätter mit Minen. Sehr viele frische Eigelege und Junglarven (Fx_2-Generation). Blattfall sehr stark, teilweise bis 75 %. Blütenknospenansatz fast gänzlich unterbunden. Starkes Anwachsen der Parasiten.

3. Ende Oktober:

Schädling durch Schlupfwespen sehr zurückgegangen. Wenig Eigelege und Junglarven (Fx_3-Generation). Minierte Blätter zu etwa 80 % abgefallen. Infolge von Regenfällen in der zweiten Hälfte des Monats neue Blattbildung an den Zweigspitzen, die ebenfalls schon wieder mit Eiern belegt wurde. Schlupfwespenbestand unvermindert.

4. Ende November:

Fx_3-Generation größtenteils durch Parasiten vernichtet. Neue Eigelege selten (Fx_4-Generation). Blattfall im Laufe des vorigen Monats beendet. Durch Regen im November bis zu 60 % des Blattwerkes an den Zweigenden wieder ersetzt. Erste große Blüte zu Anfang des Monats in diesem Feld fast gänzlich unterblieben, daher geringer Fruchtansatz. Zweigspitzen weisen neuen, großen Ansatz von Blütenknospen auf.

5. Ende Dezember:

Miniermotte praktisch verschwunden. Blattregeneration auf etwa 70 % des Normalstandes fortgeschritten. Blütenknospenansatz vermehrt.

6. Ende Januar:

Miniermotte fehlt. Blattwerk fast normal. Durch eine zweite Blüte etwa 45 % Fruchtansatz an den Zweigspitzen.

7. Ende Februar:

Blattwerk wieder normal. Fruchtansatz erreicht 60 % der nicht befallenen Felder.

Die sich über sieben Monate erstreckenden Beobachtungen ergeben das typische Bild einer *caffeina*-Gradation mit allen Folgeerscheinungen. Der Beginn des Befalles, welcher noch nicht miterlebt wurde, lag nach Angaben des Pflanzers in den ersten Tagen des Juli, also kurz nach der Regenzeit. Der Befall nahm gleichmäßig zu, und im August und September erfolgte der letzte Anstieg der Kurve, womit ein Anwachsen der Parasitierung Hand in Hand ging. Durch die generationsweise Häufung der Blattminen wurden die Blätter derart geschädigt, daß 80 % des Laubes als unbrauchbar abgeworfen wurde. Meist wies ein Blatt mit zwei Minen schon so starke Beschädigungen auf, daß es seine Bestimmung weiterhin nicht mehr erfüllen konnte. Mit dem enormen Entzug an Blattfläche war die Pflanze nicht mehr in der Lage, die jahreszeitlich bedingten Funktionen, wie hier die Bildung von Blütenknospen durchzuführen. Vielmehr wurden die nun folgenden Regenfälle für eine Blattregeneration ausgenutzt.

Es konnte nie beobachtet werden, daß eine große Miniermottenkalamität verbunden mit einer normalen Trockenperiode die Kaffee-

pflanzen vollständig zum Erliegen brachte. Dieser Fall wird auch praktisch nicht eintreten, da die Parasiten der *Leucoptera*-Vermehrung zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt Schranken entgegensetzen werden. Im angeführten Beispiel wurde die Epidemie nach etwa drei Monaten gestoppt. Ähnlich wie hier geschah es in mehreren Fällen, die zur Beobachtung gelangten.

IV. Reaktion der Kaffeepflanze

Neben der Unterstützung durch die Schlupfwespen verdankt die Kaffeepflanze ihrer großen Widerstandsfähigkeit und ihrem starken Regenerationsvermögen die schnelle Überwindung des entstandenen Substanzverlustes. Bei genügend Wasser ersetzt die Pflanze innerhalb sehr kurzer Zeit das fehlende Blattmaterial, im dargestellten Fall innerhalb von drei Monaten. Darüber hinaus versucht der Baum durch gesteigerte Produktion von Blütenknospen in einer verstärkten zweiten und dritten Blüte den versäumten Fruchtansatz wieder aufzuholen. Lieferte im gegebenen Fall die erste Blüte (Anfang November) an den nicht beschädigten Bäumen ungefähr 70 % der Ernte, so wurde an den geschädigten Kaffeepflanzen der Ausfall dadurch verringert, daß die zwei folgenden Blütenperioden insgesamt einen Fruchtansatz von 60 % der Normaltracht ergaben. Ein größeres Miniermottenauftreten wird also stets einen Ernteausfall (hier 40 %) verursachen, eine Verzögerung im Reifeprozeß der Früchte findet jedoch nicht statt. Findet der Befall vor der ersten Blüte statt, so daß diese nicht zur Entwicklung gelangt, wird allerdings der Erntebeginn insofern zurückverlegt, als erst die zeitlich späteren Blütenfolgen fruktifizieren.

Tritt ein solcher Massenbefall ein, wenn bereits Fruchtansatz vorhanden ist, so wirkt er sich in analoger Weise aus. Solang die Kirschen noch klein sind — bis etwa 6 mm — vertrocknet im Gefolge des Blattfalls ein großer Teil von ihnen und fällt schließlich ab. Bei größeren Früchten kommt es in der Pergamentschale nur zur teilweisen Ausbildung des Samens. Eine große Anzahl von Kirschen bleibt zur Hälfte oder gänzlich „taub"; viele Bohnen sind verkrüppelt. In jedem Falle beeinflußt eine Miniermottenkalamität sehr die Höhe und die Qualität der Ernte.

Im westlichen Teil des Anbaugebietes wirkt sich auf Grund der geringeren Regenhöhe ein Miniermottenbefall viel katastrophaler an der Ernte aus als im Ostteil (Uru). Die zweiten und dritten Blütenfolgen haben dort nur eine sehr untergeordnete Bedeutung und kaum einen Einfluß auf den Ernteertrag. Dadurch kann also in diesen Lagen mit einer starken Gradation zu dieser Zeit fast die gesamte Ernte vernichtet werden.

Die einzelnen Arabicasorten reagieren verschieden auf einen Mottenbefall. Von den zwei hauptsächlich angebauten Sorten leidet der „Bourbon" stärker als der „Kent", dessen lederartige Blätter größere Beschädigungen erleiden können, ehe sie außer Funktion treten.

Hingegen besitzt „Bourbon" ein schnelleres Regenerationsvermögen, womit er bei günstigen Wasserverhältnissen das verlorene Blattmaterial schneller ersetzt. Trotzdem wird seine größere Sensibilität stets am Ernteertrag zu spüren sein. Das Verhalten der einzelnen Sorten in den verschiedenen Klimaten bedarf jedoch noch der Klärung.

Der Miniermottenbefall bedeutet also immer eine generelle Schwächung des Kaffeebaumes, der man mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zu begegnen hat.

F. Probleme der Bekämpfung

Aus ökonomischen Gründen hat sich die angewandte Entomologie schon viel mit den Miniermotten befassen müssen. Alle Arbeiten stecken jedoch noch im Zustand des Suchens, eine erfolgreiche und allgemein gültige Bekämpfungsmethode wurde bisher nicht entwickelt. Die schnelle Generationenfolge, die versteckte Lebensführung der Larven und nicht zuletzt die ungenügende Kenntnis der Biologie dieser Schädlinge ließen alle Verfahren irgendwo scheitern. Nachfolgend soll der Versuch unternommen werden, aus den empirischen Daten der Biologie die Schwierigkeiten und Möglichkeiten einer Bekämpfung aufzuzeigen, sowie die Eigenschaften herauszustellen, die ein erfolgreiches Verfahren besitzen müßte.

In der chemischen Bekämpfung der Miniermotte nimmt bisher das Nikotin eine bevorzugte Stellung ein. Meist wird es in Form von Nikotinsulfat der Bordelaiser Brühe zugesetzt, die man vor der Regenzeit (Januar—März) gegen Kaffeerost spritzt. Das Nikotinverfahren zeitigt im Kampf gegen die Miniermotte verschiedenartige Ergebnisse. Teilweise sind sehr gute Erfolge erzielt worden, in anderen Fällen schien es fast gänzlich versagt zu haben, weshalb in Pflanzerkreisen geteilte Meinungen über den Wert dieser Methode bestehen. Die Ursache der scheinbar konträren Wirkungsweise liegt nicht im Nikotin oder in irgendwelchen Umweltfaktoren verankert, sondern wird durch die verschiedenartige Lebensführung der Entwicklungsstadien und die schnellen, sich überlagernden Generationenfolgen bedingt.

Aus gleichen Gründen ist ein ähnliches Verhalten von den neuen Präparaten auf Halogenkohlenwasserstoffbasis, wie Dichlordiphenyltrichlormethylmethan (DDT-Wirkstoff), und Hexachlorcyclohexan (666-Wirkstoff), zu erwarten, nur daß man von vornherein wegen deren größerer Resistenz mit einem etwas höheren Bekämpfungserfolg rechnen dürfte. Wie hoch dieser aber anzusetzen ist, gilt jedoch noch abzuwarten, da die meisten der genannten Mittel durch starke Sonneneinwirkung leicht zersetzt werden.

Die minierenden Schadinsekten werden von den benutzten Kontaktgiften nur dann mit Erfolg angegriffen, wenn sie sich außerhalb der Futterpflanze befinden. Das bedeutet für die Miniermotte, daß sie nur eventuell als Ei, als Larve auf dem Wege zum Verpuppungsort und als Imago den Bekämpfungsmitteln ausgesetzt ist. Während ihrer

ganzen Larvenzeit ist sie von der Blattepidermis geschützt. Im Puppenstadium bewahrt sie der äußerst dicht gesponnene Kokon, wie im Versuch nachgewiesen werden konnte.

In den gemäßigten Breiten, wo im Freien nur mit ein bis zwei Generationen eines solchen Schädlingstyps zu rechnen ist, wo außerdem alle Populationen fast gleichzeitig — teilweise auf den Tag genau — die Entwicklungsstadien durchlaufen, kann man sehr leicht einen günstigen Zeitpunkt für eine erfolgreiche Bekämpfung finden und den Schädling in einem ungeschützten Stadium vernichten. Eine gleichzeitige Bekämpfung in allen Anbaugebieten gibt die größtmögliche Gewähr für eine erfolgreiche Niederhaltung des Schädigers.

Gänzlich andere Verhältnisse herrschen bei den Schädlingen tropischer Kulturpflanzen. Wie das Lebensbild der *Leucoptera* zeigt, liegen in bezug auf die Generationenfolge sehr verwickelte Tatsachen vor; zu allen Zeiten des Jahres finden sich nebeneinander Eier, Larven, Puppen und Imagines. So können die eingangs erwähnten Verfahren immer nur auf einen Teil der Schädlinge einwirken und diese vernichten, die übrigen Stadien entziehen sich dem Untergang.

In Tabelle 3 ist für die durchschnittliche Dauer der Entwicklung angegeben: Ei = 7 Tage, Larve = 14 Tage, Puppe = 8 Tage und Imago = 2 Tage als Zeit bis zur Eiablage. Das Kontaktgift kann demnach an folgenden Tagen tödlich einwirken:

Imago . . .	2 Tage
Ei	7 „
Larve . . .	1 Tag (auf dem Wege zur Verpuppung)
	Sa. 10 Tage.

Dagegen ist zu folgenden Zeiten das Bekämpfungsmittel wirkungslos:

Larve . . .	13 Tage
Puppe . . .	8 „
	Sa. 21 Tage.

Bei einer Generationslänge von 31 Tagen sind also für die Bekämpfung 32,2 % der Zeit günstig und 67,8 % ungünstig. Somit darf man bei einer generellen Bekämpfung zu einem beliebigen Zeitpunkt nur mit der Vernichtung von 32,2 %, d. h. eines Drittels des Schädlingsbestandes rechnen. Werden Tage mit ungeschützten Stadien getroffen, so wird das Ergebnis bedeutend höher sein. Fällt jedoch das Spritzen in Tage, wo etwa nur minierendes Material anzutreffen ist, ist mit einem äußerst geringen Erfolg zu rechnen. Die scheinbar verschiedenartige Wirkungsweise der Kontaktgifte findet so ihre Erklärung.

Ein Verfahren, bei dem einmal im Jahre vor der großen Regenzeit alle Pflanzenbestände erfaßt werden, dauert bei einer mittleren Pflanzung mit den bisher üblichen kleinen Motorspritzen mehrere Wochen. Es ist also gänzlich unmöglich, dabei auf „günstige Tage" Rücksicht zu nehmen oder „ungünstige" Zeiträume auszuschalten. Die Vernichtung des Schädlings wird demnach durchschnittlich nur zu einem

Drittel durchgeführt werden. Ein derartig geringer Erfolg rechtfertigt aber nicht die hohen Kosten des Präparats.

Bei allen Bekämpfungsverfahren in tropischen Gebieten ist noch weiterhin ein wichtiger Faktor zu berücksichtigen, dem ebenfalls in der gemäßigten Zone weniger Bedeutung zukommt, nämlich die Parasiten der Schädlings. Es konnte gezeigt werden, daß sie wohl in der Lage sind, eine Kalamität zu stoppen und den Wirt praktisch zum Verschwinden zu bringen. Andererseits ist es aber dem natürlichen Bestand an Parasiten nicht möglich, in genügend kurzer Zeit den Schädling zu dezimieren, so daß kein merklicher Schaden entsteht, wodurch der Wert der Parasiten für die Praxis sinkt. Außerdem arbeiten alle im Kaffee benutzten Bekämpfungsverfahren der Parasitenausbreitung entgegen. Wie stark der Arsen-Zucker-Köder gegen *Antestia*-Wanzen und die anschließende Kupferkalk-Nikotin-Spritzung unter den Schlupfwespen aufräumen, zeigt eine Zählung, die Ende Februar und Anfang März einige Zeit nach diesen Verfahren an *Leucoptera*-Minen durchgeführt wurde. Danach fand zu dieser Zeit nur eine durchschnittliche Parasitierung von 6,8 je Tausend statt. In einigen wenigen Blocks wurde als Maximum 4,0 % erreicht. Beobachtungen in gleicher Richtung machte Le Pelley (1932) in der Kolonie Kenya.

Zusammenfassend ist für die bisherige Form der Bekämpfung zu sagen, daß sie immer nur einen geringen Erfolg erreichen kann (33 %). Jeder höhere Prozentsatz in diesem oder jenem Teil der Pflanzung ist als Zufallsergebnis zu werten. Der Parasitenbestand wird durch das Verfahren empfindlich geschwächt und für längere Zeit ausgeschaltet. Im Hinblick auf den Erfolg sind die Kosten zu hoch.

Alle im Laufe der Beobachtungen gewonnenen Faktoren, von denen die Vernichtung des Schädlings abhängt, müssen hier Berücksichtigung finden und führen zu neuen Wegen der Miniermottenbekämpfung. Folgende Tatsachen sind dabei in Einklang zu bringen:

1. Biologische Eigentümlichkeiten der Miniermotten,
2. Reaktion der Kaffeepflanze,
3. Einfluß der Parasiten,
4. Wirkungsmöglichkeit des chemischen Präparates,
5. Bekämpfungskosten.

Das bisherige Verfahren nahm zu den fünf Punkten folgendermaßen Stellung:

1. Auf die Biologie des Schädlings wurde keinerlei Rücksicht genommen. Die Wahl eines günstigen Termines fand nicht statt.
2. Die schnelle Regenerationsfähigkeit der Kaffeepflanze blieb außer Beachtung.
3. Im Verlauf der generell durchgeführten Bekämpfung wurde der Parasitenbestand in der ganzen Pflanzung vernichtet.
4. Ohne Berücksichtigung von Punkt 1 ist die Wirkungsmöglichkeit des Giftes sehr beschränkt. Das Ergebnis liegt daher sehr niedrig.
5. Im Hinblick auf den möglichen Erfolg sind die Kosten zu hoch.

Die Bilanz dieser Bekämpfungsmethode weist nach, daß diese im Ganzen gesehen kein Erfolg ist. Analysiert man die neu gewonnenen Ergebnisse im Hinblick auf obige fünf Forderungen, so ergibt sich als Tatbestand:

1. Eine Miniermottengradation nimmt ihren Ausgang von einzelnen Punkten der Pflanzung und breitet sich radiär aus. Die Lebensweise der Motten gestattet nur an den „günstigen Tagen" eine erfolgreiche Bekämpfung.
2. Bei Vorhandensein von genügend Wasser und Nährstoffen ersetzt die Kaffeepflanze unbrauchbar gewordenes Blattmaterial in kürzester Zeit. Ferner sind „gesunde" Blätter befähigt, in den schmalen Fraßgängen Wundkallus zu bilden und so einen Teil der Junglarven zu töten (bis 55 %).
3. Die verschiedenen Larvenparasiten sind in der Lage Kalamitäten zu stoppen und zum Erliegen zu bringen.
4. Das Kontaktgift übt seine Wirkung nur bei unmittelbarer Berührung aus.
5. Der durch Niederhaltung der Miniermotten erzielte Erntegewinn rechtfertigt die Kosten eines Verfahrens.

Diese Tatsachen bilden die Grundlagen zu nachstehendem Bekämpfungsverfahren, welches sich bemüht, allen Anforderungen der Praxis gerecht zu werden. Hierbei wird zu allererst von einer generellen Behandlung der Bäume gegen Miniermotten Abstand genommen. Dagegen wird durch ständige Kontrolle der einzelnen Pflanzungsabschnitte (Felderblocks) jedes örtliche Auftreten, bzw. stärkere Anwachsen des Schädlings festgestellt. Eine chemische Bekämpfung setzt nun sofort ein, nachdem an Hand der Entwicklungsdaten ein günstiger Tag für die Giftwirkung ermittelt ist, was sich mit geringer Übung leicht bewerkstelligen läßt. Da bei dem örtlich begrenzten Verfahren nur die kleine Flächeneinheit des verseuchten Areals zu spritzen ist, hat man auch mit kleinen Spritzaggregaten die Möglichkeit, das Verfahren in ein oder zwei Tagen zu beenden. Die Schnelligkeit der Durchführung bietet die Gewähr, einen sehr hohen Prozentsatz zu vernichten und die Kalamität zum Erlöschen zu bringen. Die Kosten der partiellen Bekämpfung aber sind minimal. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß die Parasiten nur in dem kleinen Spritzareal zugrunde gehen, wohin sie aus den umliegenden Teilen der Pflanzung leicht wieder zuwandern können. Durch ein derartiges „Hegen" der Parasiten ist die beste Voraussetzung gegeben, daß sie ihren Wirt kontrollieren können, so daß die chemische Bekämpfung mehr zurücktritt, um schließlich eine Art Bereitstellung einzunehmen.

Im Gleichlauf mit der aktiven Bekämpfung ist für eine allgemeine Kräftigung des Kaffeebaumes zu sorgen, indem durch richtige Kulturmaßnahmen und Düngung der Wasser- und Humusgehalt des Bodens erhöht wird. Die Möglichkeit einer schnellen Blattregeneration hilft

sodann größere Ernteausfälle zu vermeiden und befähigt die Pflanze zu aktiven Abwehrmaßnahmen durch Zellwucherung. In diesem Zusammenhang sei auf die Erfolge einiger Pflanzer in Kenya hingewiesen, welche diese mit regelmäßigen Kompost- und Düngergaben an ihren Kaffeekulturen erzielt haben.

Abschließend sei erwähnt, daß eine entsprechende Sortenauslese mithelfen würde, das Problem der Blattminierer zu lösen.

G. Zusammenfassung

1. Die beiden *Leucoptera*-Species schließen sich in ihren Verbreitungsarealen aus. *L. caffeina* ist nur in beschatteten Beständen und *L. coffeella* nur in unbeschatteten Lagen anzutreffen.

2. Der Eibau und die Eiablage auf den Blättern ist artspezifisch. Ihre Entwicklung dauert 7—10 Tage.

3. Die Larven sind sich morphologisch sehr ähnlich und minieren nur in der Palisadenschicht. *Coffeella* legt meist runde Einzelminen an, *caffeina* baut gemeinschaftlich große Flächenminen, wodurch diese Art der größere Schädling ist.

4. Die benötigte Nahrungsmenge ist bei *caffeina* dreimal so hoch mit großen individuellen Schwankungen. Der Wassergehalt und das Alter des Blattes spielen dabei eine Rolle.

5. „Wasserreiche" Blätter können großlumige Wundkalluszellen in den Minengängen erzeugen. Ein großer Teil der Larvengemeinschaften stirbt in diesen Blättern ab. Abiotische Faktoren (Hitze) spielen eine große Rolle für die Minierlarven.

6. „Wasserarme" Blätter veranlassen die Larven zu schnellerer Fraßtätigkeit und veränderter Miniertaktik. Dasselbe tritt bei noch wachsenden Blättern ein.

7. Die Fraßperiode schwankt zwischen 10—19 Tagen.

8. Bei der Wahl des Verpuppungsortes spielen Licht und Luftdruck eine Rolle.

9. Der H-förmige Puppenkokon wird in drei Teile durch einen Spinnprozeß von $5^1/_2$—$7^1/_2$ Stunden verfertigt. Die Puppenruhe dauert 7—11 Tage.

10. Die Imagines sind artlich gut zu trennen. Zwergformen kommen öfters vor.

11. Große artliche Unterschiede im Allgemeinverhalten und Phototaxis der Motten bedingen die differenten Verbreitungsareale.

12. Die Annäherung der Geschlechter findet am Tage des Schlüpfens statt, die Eiablage an den folgenden zwei Tagen.

13. Die Generationsdauer ist proportional der Witterung und schwankt im Untersuchungsgebiet bei *caffeina* zwischen 29 und 55 Tagen, so daß 9,6 Generationen im Jahr auftreten.

14. Der Entwicklungsnullpunkt von *caffeina* liegt bei 11,7 °C. Eine Punkttabelle der den verschiedenen Temperaturen zugeordneten Entwicklungszeiten befindet sich im Text.

15. Von den zahlreichen Larvenparasiten wurde der Lebenszyklus *Pleurotropis coffeicola* Ferr. näher gewürdigt. Durch Verlängerung der Puppenruhe ist der Lebenskreis des Parasiten mit dem des Wirtes in Einklang gebracht. Die Parasiten können eine große Rolle beim Massenwechsel spielen (Beispiel). Ihr Eingreifen kommt aber zu spät, um in jedem Fall Ernteverluste zu verhindern.

16. Der Einfluß der Witterung auf die einzelnen Entwicklungsstadien der Motten ist verschieden hoch. Es gibt „geschützte" und „ungeschützte" Stadien.

17. Die Kaffeepflanze besitzt eine hohe Regenerationsfähigkeit, die unter optimalen Bedingungen Substanzverluste in kurzer Zeit ausgleichen und auch Ernteverluste in späteren Blütenfolgen bis zu einem Grade mildern kann.

18. Auf Grund dieser Erkenntnisse wird ein neues Bekämpfungsverfahren vorgeschlagen, das unter Berücksichtigung der biologischen Daten, des Parasiteneinflusses und der Fähigkeit der Pflanze von einer generellen chemischen Bekämpfung zu irgendeinem Zeitpunkt absieht und eine bessere Felderkontrolle und ein jeweiliges Spritzen kleiner Areale nach Bedarf vorschreibt.

H. Schrifttum

1. BODENHEIMER, F. S., Z. angew. Entom. 12, S. 473, 1927.
2. GONZALES, S. S., Philipp. J. Agr. 6, Nr. 4, S. 365. Manila 1935.
3. HOFMANN, C., Z. angew. Entom. 20, S. 51, 1934.
4. KIRKPATRICK, T. W., Rep. E. Afr. Agr. Res. St. Amani 11, 1938. London H. M. S. O. 1939.
5. (LE) PELLEY, R. H., Bul. Ent. Res. Vol. 23, S. 217—228, 1932.
6. MORSTATT, —., Kaffeeschädlinge und Krankheiten Afrikas. Kol. Wirtsch. Kom. Berlin 1937.
7. NOTLEY, F. B., Rep. Coffee Res. Exp. St. Lyamungu, Moshi 5 (1938), S. 29—38. Dar-es-Salaam 1940.
8. SCHIMITSCHEK, E., Z. angew. Entom. 18, S. 460, 1931.
9. STELLWAAG, F., Die Schmarotzerwespen als Parasiten. Monogr. Z. angew. Entom. 6. Berlin 1926.
10. WASHBOURN, R., Bul. Ent. Res. 30, S. 455—465. London 1940.

An dieser Stelle möchte ich Herrn H. BUEB, durch dessen Unterstützung meine Untersuchungen in Ostafrika möglich wurden, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Erfahrungen mit neuartigen Insektiziden im Ausland

Von

H. Blunck, Bonn

(Nach einem Vortrag, gehalten auf der Tagung des Deutschen Pflanzenschutzdienstes in Marburg a. d. Lahn am 8. April 1948)

Das Streben nach Ersatz der früher üblichen Standardmittel durch weniger gefährliche oder leichter in genügender Menge beschaffbare Insektizide sowie das Bedürfnis nach Vervollkommnung der Anwendungsformen hat auch im Ausland während und nach dem Kriege eher eine Verstärkung als eine Abnahme erfahren.

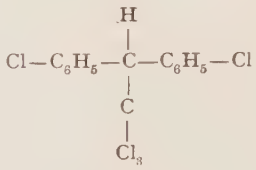
In bezug auf den Umfang der geleisteten Versuchsarbeit waren dabei die USA bei weitem führend. Viele Hunderte, teils schon länger bekannter, teils neu entwickelter chemischer Körper wurden dort auf insektizide Potenzen durchgeprüft. Anorganische Verbindungen spielten dabei allerdings höchstens als wirkungsteigernde Zusätze (Kaliumammoniumselensulfid, Trappmann, 1948, S. 42) eine Rolle. Der Nachdruck lag auf der Arbeit mit solchen Mitteln, welche die organische Chemie oder die Natur in Form vegetabilischer Substanzen zur Verfügung stellt. Auf beiden Gebieten blieben den USA aber Großerfolge versagt. Es gelang bis in die letzte Zeit hinein nicht, chemische Verbindungen zu ermitteln, welche die alten Mittel an Wirksamkeit erreichen oder übertreffen und gleichzeitig frei von unerwünschten Eigenschaften sind. Auch das in den 30er Jahren propagierte, gegen manche Insekten vielleicht etwas besser als Bleiarsenat wirkende, unter dem Namen Phenothiazin bekannte Thiodiphenylamin hat auf die Dauer als zu leicht zersetzlich und zu teuer enttäuscht. Von den neu in Prüfung genommenen vegetabilischen Produkten erwies sich keins als konkurrenzfähig mit Pyrethrum oder gar mit Nikotin und Derris.

Nicht glücklicher waren die Ergebnisse in den UdSSR und anderen außereuropäischen Ländern, in denen sich die einschlägigen Anstrengungen allerdings in wesentlich bescheidenerem Rahmen hielten.

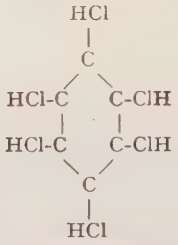
Um so überraschender kamen dann in den Jahren 1939—1942 in 4 europäischen Staaten die sich Schlag auf Schlag folgenden Entdeckungen synthetisch gewonnener Hochleistungsmittel, welche an insektizider Wirkungsbreite und -intensität alles bisher Bekannte in den Schatten stellen und Idealpräparaten nahekommen. Ihr Wert dokumentiert sich in der unerhört schnellen Einbürgerung in die Praxis.

Innerhalb weniger Jahre eroberten sie sich den Weltmarkt, begannen, die alten Präparate einschließlich der bisherigen Standardmittel zu verdrängen und bewirkten damit im Pflanzenschutz eine Revolution, die höchstens in dem Aufkommen der Kupferkalkbrühe als unserem heute noch universellsten Pilzgift ein Analogon findet.

In das Verdienst dieser Entdeckungen teilen sich die Schweiz, Frankreich, England und Deutschland. Nähere Würdigung der deutschen Leistung ist heute nicht meine Aufgabe. Das Thema dieses Berichts beschränkt den Stoff auf die Leistungen des Auslandes. Sie kristallisieren sich zur Hauptsache um 2 und nur 2 Gruppen organischer Körper, nämlich um das Dichlordiphenyltrichloräthan



und um das Hexachlorcyclohexan



mit ihren Isomeren. Beide Verbindungen sind lange bekannt, ihre insektiziden Eigenschaften wurden aber erst jetzt offenbar.

Die heute als DDT-Produkte weltbekannten Mittel auf der Basis von Dichlordiphenyltrichloräthan oder, genauer gesagt, des αα-Dichlordiphenyl-βββ-trichloräthan oder 2,2-bis [parachlorphenyl] -1,1,1-trichloräthan sind bekanntlich ein Produkt der J. R. Geigy A.-G., Basel. Die ersten insektiziden Präparate solcher Art wurden um 1939 hergestellt. 1942 erfolgte die erste einschlägige Veröffentlichung. Sie stammt von WIESMANN und trägt bezeichnenderweise den Titel „Neue Versuche mit Arsen-Ersatzstoffen im Obstbau" (1942, S. 155—165). Das gleiche Jahr bringt noch 4 weitere Abhandlungen über Gesarol. Insgesamt erschienen über DDT-Produkte als Pflanzenschutzmittel

1942	. . . . .	5 Artikel, dagegen
1943	. . . . . mindestens	32
1944	. . . . . „	125
1945	. . . . . über	200

Für 1946 und 1947 liegen mir noch nicht alle Arbeiten vor, die Bewegung scheint sich aber inzwischen fortgesetzt zu haben. Das in dem Anschwellen der Publikationen zum Ausdruck kommende, sprunghaft steigende Interesse spiegelt sich auch in einem Vergleich mit der Zahl

der Abhandlungen über andere Insektizide. Im Review of applied Entomology (Serie A) wurden 1946 besprochen über

DDT-Präparate	104	Arbeiten
Bleiarsenat-haltige Mittel	77	„
Nikotin- „ „	73	„
Pyrethrine- „ „	47	„
Rotenon- „ „	47	„
Calciumarsenat- „ „	41	„
Phenothiazin- „ „	5	„

Der Art der Leistung nach ist DDT ein Nervengift. Es entwickelt aber auch im Darm stark toxische Eigenschaften. Als Atemgift spielt es keine Rolle, da es bei gewöhnlicher Temperatur nicht flüchtig ist. Haupteintrittspforten sind bekanntlich die Hautsinnesorgane, die vor allem an den Fußsohlen, dann aber auch an den Fühlern und an den Mundanhängen gehäuft stehen. Dank ausgesprochener Lipoidlöslichkeit kann DDT bei längerem Kontakt auch stärker chitinisierte Teile der Körperdecke von Arthropoden durchsetzen. Läuger (Läuger, Martin und Müller, 1944, S. 892—928) hat die Vermutung ausgesprochen, daß der Dichlormethyl-Komplex im Molekül des Wirkstoffs die lipoidlösliche Komponente und daß das kondensierte Chlorbenzol-System das Gift repräsentiert, eine Auffassung, die aber nicht unwidersprochen geblieben ist. Im Organismus soll der Wirkstoff Umsetzungen erfahren, bei denen Salzsäure frei wird. Darauf beruht nach Meinung einiger Autoren (Martin und Wain, 1944, S. 121—140) seine Giftigkeit. Eine andere Auffassung geht dahin, daß DDT an Stelle des im Molekülbau ihm ähnlichen Inosit in die Zelle eintritt und durch Ausschalten der lebenswichtigen Funktion dieses Körpers den Tod herbeiführt.

Die beispiellose Schnelligkeit, mit der sich die DDT-Präparate den Weltmarkt erobert haben, beruht auf ihrer bis dahin von keiner anderen synthetisch gewonnenen Substanz erreichten Wirkungsintensität und Wirkungsbreite, ihrer relativen Harmlosigkeit für Menschen und Nutztiere, ihrer Ungefährlichkeit für die weitaus meisten Pflanzen, ihrer relativen Beständigkeit gegen Wärme und Tageslicht, ihrer Mischbarkeit mit vielen anderen Pflanzenschutzmitteln, ihrer vielseitigen Anwendungsform und nicht zuletzt auf den niedrigen Herstellungskosten. Den ersten Veröffentlichungen nach zu urteilen, schienen die DDT-Mittel sogar in bezug auf alle diese Eigenschaften das denkbar vollkommenste Ideal zu verkörpern. Nähere Prüfung hat später ergeben, daß einige Abstriche nötig sind. Die toxische Dosis ist für einen Teil der Insekten zum mindesten bei Verabreichung per os höher als bei einigen älteren Insektiziden. Sie soll nämlich z. B. bei 0,3 g schweren Raupen von *Mamestra brassicae* L. um 0,037 mg je Gramm Körpergewicht liegen (Martin und Wain, 1944, S. 121—140), während bei Bleiarsenat für Seidenraupen die tödliche Dosis sogar schon bei 0,09 mg und bei Rotenon gar bei 0,003 mg erreicht ist (Shepard und Campbell, 1932, S. 142—144). Für 2 g

schwere Heuschrecken ist die letale Dosis je Gramm Körpergewicht bei Verabreichung per os auf über 50 mmg ermittelt (KEARNS, INGLE und METCALF, 1945, S. 661—668). Die Wirkungsbreite erstreckt sich zwar über den weitaus größten Teil der Insekten und viele andere Arthropoden, wobei die Vollkerfe oft stärker als die Larven, und die Eier am wenigsten reagieren, einzelne Gruppen, vor allem aber eine erhebliche Zahl von Blattlausarten und die Schildläuse sind aber gegen DDT zum mindesten, wenn dieses in Form von Stäubemitteln oder Spritzsuspensionen angewandt wird, bemerkenswert unanfällig. Andererseits sind die Nutztiere keineswegs alle resistent. Viele Raub- und Schmarotzerinsekten erliegen dem Gift nicht minder leicht wie das Gros der Schädlinge, und auch die Honigbiene ist entgegen anfangs geäußerter Erwartungen nicht unbedingt DDT-fest. Es wirkt auf sie als Hautgift schon in 1prozent. und als Magengift gar schon in 0,05prozent. Konzentration (HOLST, 1941, S. 253—255). Giftig ist der Wirkstoff auch für Fische und Frösche. Relativ widerstandsfähig und bei vorschriftsmäßiger Anwendung kaum gefährdet sind die Warmblüter, also die Vögel und die Säugetiere. Absolut harmlos sind die Präparate leider auch nicht für den Menschen, wenigstens nicht, wenn der Wirkstoff in Öl gelöst lange Zeit auf der Haut verweilt oder gar per os eingenommen wird (ANNAND and others, 1944, S. 125—159). In den letzten Jahren sind unter solchen Umständen eingetretene Vergiftungen bekannt geworden. Als Symptome wurden Kopfschmerz, Schwindel und Lähmungen registriert. Die Zahl solcher Fälle ist gering. Trotzdem wurde die zulässige Höchstmenge von DDT auf behandelten Äpfeln und Birnen in den USA auf 7 : 1 000 000, d. h. auf 7 g DDT auf 1000 kg Obst beschränkt (Anon. Ill. Hort. Quincy, 1946, **35**, nr. 1, S. 4—5, DECKER, 1946, S. 557—562). Laut einer mir unlängst bekannt gewordenen Mitteilung aus dem amerikanischen Hauptquartier haben Unglücksfälle zu der Aufforderung geführt, beim Zerstäuben von DDT-Lösungen Gesichtsmasken und Schutzkleidung anzulegen (Bw., 1948, S. 26). Ob eine so weitgehende Belastung nötig ist, darf bezweifelt werden. Wenn aus dem Umgehen mit DDT leicht bedenkliche Folgen erwachsen würden, müßten sich diese wohl vor allem in den Herstellungstätten der Präparate gezeigt haben. Meines Wissens ist aber aus den DDT-Fabriken noch kein einziger Vergiftungsfall bekannt geworden. Das gleiche gilt für die Erfahrungen mit DDT als Läusepulver, obgleich dieses in den anglo-amerikanischen Armeen im letzten Kriege im größten Umfange als solches eingesetzt ist. Daß mit DDT anstatt mit Backpulver bereiteter Kuchen, wie ein außerhalb Europas vorgekommener Fall beweist, gesundheitsschädlich ist, kann schließlich nicht wundernehmen. Falls allerdings dem DDT akkumulierende Wirkung zukommt, wie gelegentlich behauptet wurde, gewinnt das Problem ein anderes Gesicht.

Unter den Kulturpflanzen haben sich Gurkengewächse als bedingt anfällig, einige andere Arten, z. B. *Phaseolus*-Bohnen, als in taufeuchtem Zustand nicht absolut resistent erwiesen.

Bei bedecktem Himmel ist DDT hinreichend beständig, so daß ausgebrachte Staub- und Spritzbeläge noch nach Wochen für Insekten hochgiftig sein können, bei langdauernder Besonnung wird DDT aber zersetzt.

Mit den meisten Insektiziden ist der Wirkstoff mischbar, ohne an Leistungsfähigkeit zu verlieren. Ohne weiteres möglich ist z. B. die Kombination mit Bleiarsenat, bedingt die mit Nikotin (Fleck und Haller, 1945, S. 403—405). Verträglich sind die Präparate auch mit kupfer- und schwefelhaltigen Fungiziden. Das in der Schweiz im Handel befindliche Gesarex der J. R. Geigy A.-G., Basel, ist ein Spritzmittel, das zugleich DDT, Kupfer und Schwefel enthält. Hinreichend unbedenklich ist wohl auch die Mischung mit Kupferkalkbrühe (Hough, 1945, S. 183—192; Hurt, Virginia Fruit **34** (1), 119—122, 1946). Etwas mehr sinkt die insektizide Wirkung bei Kombination mit Schwefelkalkbrühe ab (Hough, 1945, S. 183—192). Stärker basische Verbindungen zerstören das Insektizid aber ziemlich schnell, und zwar wohl immer unter Freisetzen von Salzsäure. Das Dichlordiphenyltrichloräthan geht dabei in das fast ungiftige Dichloräthylenderivat (DDX) über (Martin und Wain, 1944, S. 121—140).

Bestätigt hat sich die nahezu unbeschränkte Möglichkeit der Anwendungsformen. DDT kann verstäubt, in wässeriger Aufschwemmung oder in Form von Emulsionen gespritzt, in Gestalt von Aerosolen versprüht und unter Umständen auch verdampft werden. In letzterer Form spielt es allerdings vorläufig praktisch kaum eine Rolle.

Das in die Präparate eingearbeitete technische DDT ist kein reines Dichlordiphenyltrichloräthan. Es enthält regelmäßig bei der Herstellung mit anfallende verwandte chemische Verbindungen in etwas wechselnder Menge und Zusammensetzung. In den USA (Haller and others, 1945, S. 1591—1602, Cristol, Hayes und Haller, 1945, S. 470—472) durchgeführte Analysen ergaben bei einem Gehalt von mehr als 70 % der Para-para'-Isomere als Hauptbeimengung das Ortho-para'-DDT, also das 1-trichlor-2-o-chlorphenyl-2'-p-chlorphenyläthan. Insgesamt wurden aus vielen Proben 14, großenteils dem DDT verwandte Verbindungen isoliert, die sich sämtlich als viel weniger giftig als der Kernwirkstoff erwiesen.

Bei den fertigen DDT-haltigen Pflanzenschutzmitteln wechselt der Gehalt an DDT je nach Anwendungsform und Anwendungsgebiet zwischen einigen wenigen und 20 oder noch mehr Prozent.

Die Stäubemittel enthalten in der Regel etwa 3—5 %, in Sonderfällen (Kartoffelkäfer) bis 10 % Wirkstoff. Als Inertmittel figuriert fast immer Talkum und zwar Talkum bester Qualität. Unreine Talkumarten beeinträchtigen, vielleicht infolge katalytischer Einwirkung der Beimengungen, die insektizide Leistungsfähigkeit des Präparats. Als Ersatzmittel für Talkum sind im Ausland ebenso wie bei uns viele andere Substanzen geprüft worden, keins hat sich aber besser als dieses bewährt. Ihm am nächsten kommt wohl Pyrophyllit, das aus dem Mineral Phyllit, einem kristallinen, quarzreichen Schiefer, gewonnen wird und in den

USA als Inertmittel eine große Rolle spielt. Als ungeeignet erwiesen sich aus dem schon erwähnten Grunde stark alkalische Mittel wie Kalk. Auch Bentonit, eine besondere, sehr kolloidale Form von Ton, mindert bei Zusatz in größerer Menge die Güte des Präparats (CAMPAU und WILSON, 1944, S. 117, 119, 121). In den USA beginnt man neuerdings, den Stäubemitteln ein paar Prozent Öl (z. B. 2 % Mineralöl, GLASGOW, 1946, S. 195—199) zuzusetzen. Diese Beigabe soll eine wesentliche Leistungssteigerung zur Folge haben. Gleichsinnig soll sich Velsicol 60, ein methyliertes Naphthalinpräparat, in einer Gabe von 2 % auswirken. Kleinversuche dieser Tendenz liegen auch mit Xylol, Benzol und einigen anderen guten Lösungsmitteln vor.

Von entscheidender Bedeutung ist die Korngröße der Partikel. Sie bewegt sich im allgemeinen zwischen 10 und 50 µ. Geht sie wesentlich darüber hinaus, so läßt die Leistung der Mittel empfindlich nach, vielleicht zum guten Teil infolge Abnahme des Haftvermögens. Das Versagen eines Teils der deutschen Stäube-Gesarol-Präparate in den Jahren 1945 und 1946 beruht übrigens nicht zuletzt auf dieser physikalischen Insuffizienz. Meine Versuche beweisen das eindeutig. Die Korngröße versagender Präparate ging bis 200 × 500 µ.

In Wasser ist der Wirkstoff unlöslich. Bei den üblichen Spritzbrühen handelt es sich bekanntlich nicht um Lösungen sondern um Aufschwemmungen pulverförmiger Präparate in Wasser. Bei diesen „Spritzpulvern" beträgt der DDT-Gehalt meist 10—20 %, bei einigen Präparaten aber auch bis 50 %. Zusätze dienen der leichteren Verteilung beim Ansetzen der Brühen, der Steigerung des Benetzungsvermögens und als Haftmittel. In Europa benutzt man dabei in der Regel Kreide als Streckmittel, die als Zellpech bezeichneten eingedickten Ablaugen der Sufit-Zellstoffabrikation als Klebemittel und spezifische Netzmittel. In den USA scheint man sich ursprünglich der gleichen Produkte bedient zu haben, in den letzten Jahren tauchen daneben oder statt dessen aber auch andere Substanzen auf. Als Streck- und Mischmittel bereits länger viel benutzt wird dort der schon erwähnte Pyrophyllit. Dem zuweilen mit einbezogenen china clay dürfte die gleiche Rolle zukommen. Die Beigabe von Bentonit soll sich nur so lange günstig auswirken, als sie in bescheidenen Grenzen bleibt. Als Netz- und Haftmittel finden sich vielerlei recht verschiedenartige Substanzen genannt, so Natriumoleylsulfat, Natriumlaurylsulfat, Alkylnaphthalinsulfonat, Dimethylmethansulfonat, Agral 2, Seifenpulver, Fischleim und allerlei harzartige Elemente. In den letzten mir bekannt gewordenen Arbeiten wird ferner ebenso wie bei den Stäubemitteln des öfteren über Beigabe von etwas Öl berichtet. Ebenso wie die vorgenannten Stoffe wird dieses aber nicht immer schon in das Spritzpulver eingearbeitet sondern erst kurz vor dem Ansetzen der Brühe zugemischt oder in das Wasser eingerührt (BARNES, 1946, S. 152—155). Der Zusatz muß sich in bescheidenen Grenzen halten, da es sonst zu Blattverätzungen kommen kann (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1946, 24 S.). In der Regel hält

er sich unter 1 % und geht, soweit mir bekannt, nie über 3 % hinaus.

Die in bezug auf Steigerung der Netz- und Haftpotenzen der Präparate erzielten Erfolge sind beachtlich. Die Spritzbeläge bleiben mehrere Wochen haltbar. Ihre Leistung sei am Beispiel der Obstmadenbekämpfung belegt. Daß der DDT-Wirkstoff für die Larve von *Cydia pomonella* L. hochgradig giftig ist, ergaben schon die ersten einschlägigen Versuche, über die Wiesmann 1942 (1942, S. 155—165) und 1943 (1943, S. 171—204) aus der Schweiz berichtete. Die damaligen Präparate blieben aber in der Leistung hinter der von Bleiarsenat zurück. Bei uns ist das noch heute der Fall. In den USA ist die Lage jetzt umgekehrt. Unter 18 mir aus den Jahren 1945 und 1946 bekannt gewordenen Berichten befindet sich nur einer (Hough, 1945, S. 183—192), bei dem DDT ein wenig schlechter, und einer, bei dem es gleichgut wie Bleiarsen derselben Konzentration abschnitt. In allen anderen Fällen war es diesem eindeutig und oft überraschend überlegen. Dieser Umstand ist für die USA von besonderer Bedeutung, weil dort in verschiedenen Gebieten gegen Bleiarsenat resistente Rassen von *C. pomonella* in Bildung begriffen zu sein scheinen (Harman, 1945, S. 46—53, Hough, 1945, S. 190—194, Porter, 1944, S. 24—29). Auch für uns ist die jetzt gewonnene Überlegenheit von DDT über Bleiarsenat natürlich nicht gleichgültig. Bei dem Bestreben, durch Steigerung des Haftvermögens der DDT-Brühen ihre Wirksamkeit zu erhöhen, werden wir uns aber vor Übertreibung hüten müssen. In den USA ist es heute schon so weit gekommen, daß man Mühe hat, die Spritzbeläge nach der Ernte von behandelten Früchten wie Äpfeln und Orangen wieder zu entfernen. Die Lage ist in dieser Beziehung in Einzelfällen anscheinend sogar schwieriger als nach dem Einsatz von Bleiarsenat. Letzteres läßt sich bekanntlich mittels Waschens der Früchte wieder entfernen. Die DDT-Beläge haften aber neuerdings zuweilen so fest, daß sie sich weder abwaschen noch abbürsten lassen. Auch in bezug auf DDT-Belag der Früchte sind aber, wie gesagt (s. S. 80), amtlich Grenzen gesetzt, die nicht überschritten werden dürfen. An der Lösung des Problems wird im Augenblick noch gearbeitet (Boyce, 1944, S. 76—77).

Wichtig ist, daß ebenso wie bei den Stäubemitteln die Korngröße des Wirkstoffs und der Beistoffe auch die Leistungsfähgkeit der Spritzpräparate beeinflußt. Ich zitiere zum Beleg aus einer Versuchsserie, die 1945 in Kentucky, USA, lief, daß DDT mit einem durchschnittlichen Durchmesser der Partikel von 2,5 µ 95 %, solches mit 10 bzw. 25 µ Durchmesser dagegen nur 74 bzw. 71 % Sterblichkeit der Obstmaden bewirkte (Steiner, Summerland und Fahey, 1946, 24 S.).

Hingewiesen werden muß in diesem Zusammenhang auf die Beziehungen zwischen Bekämpfung der Obstmade mit DDT und dem Auftreten von Spinnmilben. Bekanntlich wird nach Bespritzen der Apfelbäume mit Gesarol oft über Zunahme des Befalls durch *Paratetranychus pilosus* C. und F. geklagt. Man geht schwerlich fehl in der Annahme,

daß diese unerfreuliche Erscheinung auf Vergiftung der natürlichen Feinde der Milben durch den DDT-Wirkstoff beruht. Dieser Übelstand wird sich kaum ausschalten lassen. Das Nächstliegende wäre natürlich, die DDT-Präparate so zu verbessern, daß ihnen auch die Spinnmilben erliegen. An Ansätzen dazu fehlt es nicht. Bei einem 1944 in den USA mit besonderer Sorgfalt ausgeführten Großversuch (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1944, S. 153—169) erreichten auf der mit DDT (450 g/378 l = etwa 0,1 %), Pyrophyllit (? 7 %), Mineralöl (1 l/378 l = etwa 0,3 %) und Bentonit (etwa 100 g/378 l = etwa 0,03 %) behandelten Parzelle nur wenige Milben die Reife, während die Bäume auf allen anderen DDT-Versuchsstücken vorzeitig das gesamte Blattwerk verloren. Auf der gleichen Parzelle lag auch die Abtötungsziffer für Obstmaden mit 99 bzw. 94 % bald nach der Behandlung bzw. bei der Ernte günstiger als auf den restlichen Stücken, einschließlich der Bleiarsenatparzelle, für die die Totenziffer 64 bzw. 50 % lautete. Entsprechendes beobachteten die gleichen Verfasser (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1946, 24 S.) 1946 auf den unter Zusatz von 0,25 % Öl behandelten Parzellen. Sie folgern daraus, daß DDT-Spritzbrühen schon bei geringem Ölgehalt für Spinnmilben hochgradig giftig sind. Die Behandlung muß aber oft wiederholt werden, da die auf den Bäumen verbleibenden Spritzbeläge für Milben nicht lange toxisch sind, während sie ihre Giftigkeit für Raubinsekten behalten. Die Befunde sind gewiß beachtlich, bedürfen aber wohl in ihren Folgerungen noch der Bestätigung.

Um so wichtiger ist es, daß die Zunahme der Milbenpopulation nach DDT-Einsatz auf anderem Wege sicher verhindert werden kann. Es handelt sich dabei um Kombination der Gesarolbehandlung mit dem Einsatz nitrierter zyklischer Kohlenwasserstoffe. Bei weitem am besten hat dabei das allerdings wohl nicht ganz billige Dicyclohexylaminsalz von Dinitro-o-cyclohexylphenol abgeschnitten. Auf Bäumen, die in einem Großversuch in Indiana, USA, am 20. und 30. Juli 1945 mit DDT und dieser Verbindung unter Zusatz von Mineralöl behandelt waren, hatte der Milbenbefall am 17. August entschieden abgenommen, während auf den unbehandelten Bäumen eine Zunahme von 840 % registriert wurde (STEINER, SUMMERLAND und FAHEY, 1946, 24 S.). Daß Körper solcher Art für Milben hochgradig giftig sind, ist schon seit 1936 bekannt. Damals griffen BOYCE und PRENDERGAST (1936, S. 218—219) *Paratetranychus citri* McG. erfolgreich mit 2,4-Dinitro-6-cyclohexylphenol an. Die erwünschtesten phytopathologischen Eigenschaften kommen aber augenscheinlich dessen Dicyclohexylaminsalz zu. Dieses ist ein spezifisches Milbenmittel. Es hat sich vielfach gegen *Paratetranychus pilosus* C. und F., in Südafrika auch gegen *Bryobia praetiosa* Koch bewährt und wird außerdem gegen *Tetranychus telarius* L., *T. pacificus* McG., *T. sexmaculatus* Ril., *T. bimaculatus* Harvey und *Paratetranychus citri* McG. empfohlen. Es kann sowohl als Winter- wie als Sommerspritzmittel und in letzterem Fall in Kombination mit DDT Anwendung finden. In einem

Fall (Steiner, Summerland und Fahey, 1946, 24 S.) wurden dabei an Apfellaub leichte Ätzschäden beobachtet. Sie hielten sich aber in bescheidenerem Ausmaß als dort, wo die Milben nicht bekämpft waren. In England ist das Mittel jetzt patentiert und trägt den Namen Dynone.

Die Aufschwemmung in Wasser ist die gebräuchlichste Form der Anwendung von DDT als Spritzmittel. Für besondere Zwecke wird aber auch von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, den Wirkstoff in Ölen usw. (Toluol, Xylol, Aceton, Petroleum, Velsicol AR-60 — ein Isomerengemisch von alkylsubstituierten Naphthalinen) mit oder ohne Beigabe von Kopplern wie Cyclohexanol, niedrigeren Alkoholen, Laurylalkohol oder Glycerylmonooleat zu lösen und dann mit Wasser zu einer Emulsion (s. z. B. Hackman, 1946, S. 77—85) zu verarbeiten. Solche Emulsionen hat man unter anderem zur Bekämpfung von Drahtwürmern, überwinternden Thripsen und der Larven der Möhrenfliege *(Psila rosae* F.) im Wege der Bodendesinfektion, mit mehr Erfolg und in größerer Ausdehnung aber auch oberirdisch eingesetzt, vor allem, wenn es sich um schwer zu benetzende Schädlinge handelt. Zur Bekämpfung der Erbsenblattlaus *Macrosiphum onobrychis* Boy. hat sich z. B. eine Lösung von DDT in Xylol oder Äthylendichlorid unter Beigabe des Aralkylpolyätheralkohols Triton X-100 bewährt (Ditman, 1946, S. 219—222). Bekannte Handelsmittel sind das 5 % DDT-haltige, in ½—2prozent. Konzentration anzuwendende Gesapon und das vor kurzem zu diesem hinzugekommene, wohl mit einem besonders hochwertigen Emulgator bedachte Gesafid. Letzteres bildet einen praktisch unsichtbaren aber wochenlang haltbaren Spritzbelag, ist also auch und vor allem zur Behandlung von Zierpflanzen geeignet. In 0,2—0,3prozent. Konzentration hat es sich gegen die mannigfachsten Schädlinge wie Käfer, Raupen, Blattflöhe, Thripse und Wanzen, in etwas stärkerer Dosis (0,5 %) auch gegen Weiße Fliege, Blattläuse und vor allem gegen Wolläuse auf das beste bewährt. Von fast allen Pflanzen wird es gut vertragen. Eine Ausnahme bilden gewisse, als besonders empfindlich bekannte Farne, die Gesneraceen und Kalanchoë.

Als spezifisches Mittel gegen Vorratsschädlinge hat die Schweiz ferner unlängst auf DDT-Grundlage ein Präparat Geigy 33 herausgebracht. Dieses wird sowohl als Stäubemittel mit 10 % p,p'-DDT wie als konzentrierte Lösung gehandelt. Geigy 33 flüssig dient in 3prozent. Konzentration zum Behandeln der Wände, der Decken und der Gestelle in Lagerräumen sowie zum Imprägnieren leerer Säcke, die ½ Stunde in 1prozent. Lösung gebadet werden. Es schützt u. a. gegen Mehlmottenbefall. Geigy-33-Stäubemittel ist zur prophylaktischen Behandlung von Lagergetreide bestimmt. Es wird den Körnerfrüchten beigemischt und gewährt dann Dauerschutz gegen Korn- und Reiskäfer, Mehlkäfer, Bohnenkäfer, Brotkäfer usw. Das Getreide erfährt keine Veränderung in bezug auf Griffigkeit und Hektolitergewicht, es leidet auch nicht an Keimfähigkeit. Beim Mahlprozeß gehen 90 % des Belags im Separator und in der Schälmaschine, der Rest bis auf Spuren mit der Kleie weg,

so daß die Behandlung von Körnerfrüchten mit diesem Präparat in der Schweiz amtlich zugelassen ist.

In den USA hat man den in Aceton gelösten Wirkstoff (10 : 1) versuchsweise auch zum Imprägnieren papierner Packungen von Mehl und Dörrobst benutzt und damit vollkommeneren Schutz gegen Vorratsschädlinge wie *Rhizopertha dominica* F. und *Tenebrioides mauretanicus* L. als mit allen anderen geprüften Chemikalien erreicht (COTTON, BALZER und YOUNG, 1944, S. 125—159).

Die Behandlung der DDT-Präparate abschließend sei noch bemerkt, daß der Wirkstoff versuchsweise auch in Köder zur Vergiftung von Heuschrecken (HINMAN, 1944, S. 125—159, WILSON, 1944, S. 125—159) eingearbeitet ist und daß dabei etwa gleich gute Ergebnisse wie mit den gebräuchlichen arsen- und fluorhaltigen Ködern erzielt wurden.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, durch Synthese von Verbindungen, die mit DDT verwandt sind, zu Stoffen von noch größerer insektizider Potenz zu gelangen. Das ist zum mindesten bislang nicht gelungen. Relativ am bekanntesten wurde das 1,1-Dichlor-2,2-bis[parachlorphenyl]-äthan, das im phytopathologischen Schrifttum unter den Bezeichnungen DDD, TDE und Rothane läuft (BISHOPP, 1946, S. 449—459). Es hat sich gegen allerlei Insekten, vor allem gegen Lepidopteren, als stark toxisch erwiesen, kommt in der Leistung aber meist mit DDT nicht mit. Das gleiche gilt für das Methoxy-Analogon von DDT, d. h. für 1,1,1-Trichlor-2,2-bis[paramethoxyphenyl]-äthan (BISHOPP, 1946, S. 449—459). Auch das Brom-Analogon von DDT 1,1,1-Trichlor-2,2-bis[parabromphenyl]-äthan war zum mindesten gegen die bisher eingesetzten Testtiere (*Melittia cucurbitae* Harr.) mit DDT nicht konkurrenzfähig.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung der Präparate aus der zweiten der eingangs als Träger der revolutionären Bewegung im Markt der Insektizide bezeichneten Körpergruppe, also zum Hexachlorcyclohexan und seinen Verwandten. Es ist höchst merkwürdig, daß die toxischen Eigenschaften dieser Verbindungen so bald nach Entdeckung der insektiziden Potenzen des DDT bekannt geworden sind. Jahrzehnte lang hat die Wissenschaft unter Durchprüfung von vielen Tausenden von Körpern sich vergeblich um Ersatz der Arsenpräparate durch harmlosere, synthetisch herstellbare Insektengifte bemüht, und jetzt werden innerhalb 3 Jahren zwei Verbindungen aus ganz verschiedenen Körpergruppen ermittelt, die, wenn wir von gewissen vegetabilischen Substanzen (Derris, Nikotin) absehen, an Wirkungsbreite und Wirkungsintensität für Arthropoden alles bisher bekannte bei gleichzeitig relativer Harmlosigkeit für Menschen und warmblütige Nutztiere in den Schatten stellen. Noch seltsamer mutet an, daß die Entdeckung der toxischen Eigenschaften des Hexachlorcyclohexan fast synchron in zwei verschiedenen Ländern, nämlich 1941 in Frankreich gegen Kleidermotten (RAUCOURT, 1945, S. 235—236) und 1942 in England gegen *Phyllotreta nemorum* L. (SLADE 1945, S. 279—281) erfolgte. Ganz korrekt ist die Darstellung allerdings so nicht. Wie ich dieser

Tage durch Herrn Dr. LAMMERING erfuhr, findet sich im Chemischen Zentralblatt aus dem Jahre 1936 (Bd. 1, S. 1112) eine Notiz, wonach damals in einem amerikanischen Patent (A.P. 2 010 841 vom 21. Juli 1933, Ausg. 13. August 1935) vermerkt ist, daß Verbindungen von der Zusammensetzung $C_6H_6Cl_6$ „und andere Chloride" bemerkenswerte insektizide Eigenschaften besitzen. Praktische Folgerungen sind damals aber nicht gezogen. Sie setzen erst mit Wiederentdeckung der Giftigkeit dieser Körper in Frankreich und England, also nach 1941 ein. Besondere Beachtung findet in den Reihen der Chemiker die zu weiteren Studien anregende Erscheinung, daß es sich sowohl beim DDT wie beim Benzolhexachlorid um gechlorte Kohlenwasserstoffe mit cyclischen Komponenten handelt.

Hexachlorcyclohexan, Benzolhexachlorid oder, wie das Ausland kurzweg sagt, „666", tritt in mehreren Isomeren auf. Von den 13 theoretisch denkbaren Isomeren waren bis vor kurzem nur die α-, β-, γ- und δ-Verbindung bekannt. Unlängst ist aber die ε-Isomere hinzugekommen (KAUER, DUVALL und ALQUIST, 1947, S. 1335). Das Rohprodukt von 666 enthält nach Mitteilung von KAUER, DUVALL und ALQUIST (l. c.) etwa 55 % α-, 14 % β-, 10—12 % γ-, 8 % δ- und 3—4 % ε-Isomere. Die Zusammensetzung wechselt allerdings stark. So wird sie in einer älteren Quelle mit 70 % α-, 5 % β-, 10—12 % γ- und 14 % δ-Isomere angegeben. Die α-Isomere ist mäßig giftig, die β-Verbindung fast und die ε-Verbindung praktisch ganz ungiftig. Träger der erwünschten Eigenschaften ist die γ-Isomere, für die sich inzwischen die Bezeichnung Gammexan eingebürgert hat.

Reines Gammexan ist eine kristallinische Substanz. Sie ist bei Sonnenlicht beständiger als DDT (SLADE, 1945, S. 279—281), bei gewöhnlicher Temperatur etwas flüchtig, ohne daß dadurch bei entsprechender Verpackung die Lagerfähigkeit gefährdet wäre, bei höherer Temperatur leicht verdampfbar und, solange sie nicht auf mehr als ein paar 100° C erwärmt wird, ziemlich hitzebeständig. Während Gammexan soweit verhältnismäßig stabil ist, zersetzt es sich in alkalischen Medien unter Abgabe von Salzsäure zu Trichlorbenzol und verliert damit seine insektiziden Eigenschaften. Mit alkalischen Trägerstoffen wie Kalk und kalkhaltigen Insektengiften (Kalziumarsenat) ist es also nicht mischbar, hinreichend kombinierbar anscheinend aber noch mit Kupferkalkbrühe, Pyrophyllit, Schwefel, Ton und Talkum, solange der pH-Wert im sauren Gebiet liegt. In natürlichen Wässern ist es einigermaßen beständig und unlöslich, in einer ganzen Reihe organischer Lösungsmittel dagegen verhältnismäßig leicht löslich (SLADE, 1945, S. 279—281).

Der Art der Wirkung nach handelt es sich wohl in erster Linie um ein Atemgift, dem aber gleichzeitig starke Kontakt- und Fraßgifteigenschaften zukommen (SLADE l. c.). Fraßabschreckende Eigenschaften hat Gammexan augenscheinlich kaum. Über die Art der Wirkung im Insektenkörper bestehen bislang nur Vermutungen. So hat man geäußert (SLADE l. c.), daß das Mittel ebenso wie DDT (s. S. 79) die von

Idosit, das auch dem 666 im Molekülbau ähnlich ist, abhängigen vitalen Prozesse in der Zelle blockiert, indem es an dessen Stelle tritt. Im Unterschied zu DDT verlieren die Gammexan-Präparate nach dem Ausbringen in freier Luft schnell an Wirksamkeit, wahrscheinlich, weil der Wirkstoff bald großenteils verdampft.

In bezug auf Wirkungsintensität leistet Gammexan Hervorragendes. Es übertrifft dabei bei vielen Insekten noch das DDT. So soll die letale Dosis für 2 g schwere Heuschrecken bei Verabreichung per os für die γ-Isomere bei 5—10 mmg liegen, während sie, wie schon gesagt, für DDT auf über 50 mmg ermittelt ist. Im Unterschied zu DDT sind bei ihr auch ovozide Wirkungen beobachtet worden. Sie ist diesem auch an Wirkungsbreite überlegen. So lauten alle Meldungen dahin, daß Gammexan schon in nicht emulgierter Form ein ausgezeichnetes Blattlausgift ist. Auch Spinnmilben sollen mit ihm gefaßt werden können, ferner die meisten übrigen Schadarthropoden. Das gilt unter den Insekten sowohl für die Hemimetabola, also z. B. für Thripse, Blattsauger und Wanzen, wie für die Holometabola, also für Blattwespen, Zweiflügler, Schmetterlinge und Käfer, unter den letzteren beachtlicherweise auch für die gefürchteten Verborgenrüßler aus der Rüsselkäferverwandtschaft, z. B. für die Trieb- und Stengelrüßler *Ceutorrhynchus napi* Gyll. und *C. quadridens* Panz., die bislang allen Angriffen getrotzt haben (HÄNNI, 1946, Nr. 12). Es fehlt aber auch nicht an Insekten, gegen die Gammexan nicht voll befriedigend abschneidet oder gar völlig versagt. Das erstere soll z. B. in bezug auf den Mexikanischen Bohnenkäfer *Epilachna varivestis* Muls. *(Coccinell.)* gelten. Das gleiche ist, wie ich auf Grund eigener Erfahrungen hinzufügen darf, in bezug auf den Schmalbauch *Phyllobius oblongus* L., einem im Rheinland gefürchteten Schädling der Obstbaumschulen, der Fall. Das letztere gilt für die polyphage Raupe der Eule *Heliothis obsoleta* F. (= *armigera* Hbn.) (IVY und EWING, 1946, S. 38—41), einen gefährlichen Baumwollfeind, nach mehreren gleichlautenden Meldungen zu urteilen auch für *Cydia pomonella* L. (PASFIELD und HOLBECHE, 1946, S. 488—491, PASFIELD und BRYDEN, 1946, S. 535 bis 538, TAYLOR, 1945, S. 129—133, BISHOPP, 1946, S. 449—459). In bezug auf die Wirkungsbreite sind also weder die 666- noch die DDT-Präparate Universalmittel, sie ergänzen sich aber bei weitgehender Überschneidung gut.

Für Pflanzen ist die Behandlung mit 666-Präparaten im allgemeinen harmlos. Bei Leguminosen *(Phaseolus)* wurden Keimschädigungen beobachtet. Wuchsstörungen, die bei frisch verpflanzten Obstbäumen, Rebenstecklingen, *Spiraea argusta, Sp. thunbergi* und keimenden Gräsern (Rasen) auftraten, verloren sich meist später (GÜNTHART, 1947, S. 62—63). Bei stark bestäubten Baumwollpflanzen erkrankten in einem Fall die jungen Spitzenblätter (IVY und EWING, 1946, S. 38—41). Ernstlich empfindlich zu sein scheinen nur die Cucurbitaceen. In Amerika soll es in Gewächshäusern bei *Cucumis*

Melo und *Cucumis sativus* des öfteren zu schweren Wachstumsschäden gekommen sein. In diesen Erscheinungen dokumentiert sich wohl die auch aus anderen Gründen zu folgernde Tiefenwirkung der Präparate. Ob es möglich sein wird, diese durch Zusatzmittel, welche das Eindringen der Spritzlösung in das pflanzliche Gewebe verhindern sollen, auszuschalten oder abzuschwächen, steht dahin. Einschlägige Versuche sind mit dem Ziel verlängerter insektizider Wirkung in bezug auf DDT bereits ausgeführt worden, so unter anderem mit Glycerylmonooleat, Aluminiumnaphthenat (HACKMAN, 1946, S. 77—85) und mit Aluminiumstearat (EBELING, 1945, S. 689—691). Über die Ergebnisse ist mir nichts bekannt. Der Wahl dieser Substanzen liegt aber wohl der Gedanke zugrunde, daß sie als Klebemittel einen die Poren in den Blättern verstopfenden Film bilden können und außerdem als Haftmittel wirken.

In bezug auf die Möglichkeiten der Anwendungsform ist bei den Gammexan-Präparaten ein ebenso weiter Spielraum gegeben wie beim DDT. Man kann 666 verstäuben, aufgeschwemmt als Brühe oder gelöst als Emulsion in Wasser verspritzen, es läßt sich in Form fester oder flüssiger Präparate in den Boden einarbeiten, zur Bereitung von Giftködern verwenden, es läßt sich verschwelen und es kann schließlich in verflüssigter Form auch zur Herstellung von Aerosolen dienen.

Die Stäubemittel enthalten, soviel ich sehe, 1—10 % der γ-Isomere. Als Inertmittel fungieren Pyrophyllit, Talkum, Gips und Superphosphat (WALLACE, 1946, S. 16—31, SLADE, 1945, S. 279—281, TAYLOR, 1945, S. 129—133). Die empfohlene Dosierung schwankt zwischen 10 und 30 kg/ha.

Die Spritzpulver, welche zur Herstellung von Suspensionen bestimmt sind, unterscheiden sich zur Zeit in bezug auf den Gehalt an Wirkstoff noch erheblich. Meist lauten die Angaben auf etwa 10 % 666, wobei aber nicht immer klar zum Ausdruck kommt, ob dieser Wert sich auf die Rohware mit 10—12 % oder auf das raffinierte Produkt mit 30—40 % der γ-Isomere bezieht. In dem auch in Deutschland nicht unbekannten Präparat Hexa-941 der Chemischen Fabrik Dr. R. Maag, A.-G., Dielsdorf, Zürich/Schweiz, sind 1,6 % der letzteren enthalten. Der Wirkstoff wird mit ähnlichen Inertmitteln wie DDT versetzt. So lautet ein mir vorliegendes Rezept auf 10 % 666, 3 % Ovus — ein Netzmittel mit 32 % Natriumlaurylsulfat — und 87 % Pyrophyllit, ein anderes auf 10 % 666, 3 % Sulfitlauge und 87 % Pyrophyllit. Dieser hohe Anteil der Gesamtsubstanz an Hilfsstoffen und im besonderen an indifferenten Substanzen wie Pyrophyllit und Talkum erscheint ihnen vielleich zunächst als unnötiger Ballast. Er erklärt sich aber daraus, daß andernfalls die Suspendierbarkeit des Wirkstoffs leiden würde, der allein nicht gut schwebefähig ist. Entsprechendes gilt für Spritzmittel auf anderer Wirkstoffgrundlage. Gespritzt wird im allgemeinen mit 1—2prozent. Brühe (s. z. B. DUSTAN, ARMSTRONG und PUTMAN, 1946, S. 106—121).

Die zur Herstellung von Emulsionen bestimmten Präparate werden wie bei uns durch Lösen des Wirkstoffs in einem der gewöhnlichen Lösungsmittel, also in Methylnaphthalinen, Alkyllaurylsulfonaten, Aceton, verseiften Fettsäuren usw. unter Zusatz ähnlicher oder der gleichen Stoffe wie bei DDT gewonnen. So lautet ein Rezept auf 100 g Rohware von 666, 10 cc Tritox X — 100 und soviel Velsicol AR — 60, daß insgesamt 100 cc Flüssigkeit zustande kommen. In einem anderen Beispiel ist Velsicol durch Aceton ersetzt (DUSTAN, ARMSTRONG und PUTMANN, 1946, S. 106—121). Auch sulfoniertes Rizinusöl (= Türkisch-Rotöl) (SLADE l. c.) fungiert als Emulgiermittel. Gelegentlich treten solche Präparate in Pastenform auf (PASFIELD und HOBECHE, 1946, 488—491, PASFIELD und BRYDEN, ebenda). Gespritzt wird in 0,2 bis höchstens 1prozent. Konzentration.

Zur Bekämpfung im Boden lebender Insekten werden die gleichen oder nur wenig abgewandelte Mittel wie beim Stäuben und Spritzen benutzt. Ein für solche Zwecke spezifisches Präparat ist das Streumittel Hexaterr-142 der Chemischen Fabrik Dr. R. Maag A.-G., Dielsdorf/Schweiz. Es enthält 2,5 % der γ-Isomere (GÜNTHART, 1947, 45 S.). Gegen Schnellkäferlarven (THOMAS und JAMSON, Nature 157, S. 555, SLADE, 1945, S. 279—281), vor allem aber gegen Maikäfer (GÜNTHART l. c.) sind mit solchen Fabrikaten gute und sehr gute Erfolge erzielt. GÜNTHART (l. c.) berichtet über Versuche in der Schweiz, bei denen die Präparate Hexaterr-142 und Hexa-941 die Fraßtätigkeit von Engerlingen sofort unterbanden und den Befall mit der Zeit ganz löschten. Noch nach $^3/_4$ bzw. 1 Jahr wirkte mit der Suspension (1,5 % zu 1—20 l/m²) bzw. mit dem Streumittel (130—540 kg/ha) behandelte Erde im Topfversuch auf 2jährige Engerlinge fraßhemmend bis tödlich. Mit 1 bzw. 1,8 l/m² 1,5 % Hexa-Suspension kurz vor der Eiablage begossenes Baumschul- bzw. Wiesengelände blieb ganz bzw. fast ganz befallsfrei, während auf den Kontrollparzellen etwa 3 Engerlinge je m² gezählt wurden.

Mit 666-haltigen Giftködern ist in den USA, in Nordafrika und in Neusüdwales, in den USA auch mit Stäubemitteln solcher Art (HILL und HIXSON, 1947, S. 137) gegen Heuschrecken gearbeitet, wobei der Wirkstoff in Kleie und Wasser, in Neusüdwales (ALLMAN, 1946, S. 171—172) unter weiterem Zusatz von Melasse (1 lb einer Mischung aus 10 % Benzolhexachlorid mit 10 % γ-Isomere in Pyrophyllit mit 4 lb Melasse, 24 lb Kleie und $2^1/_2$ gals Wasser) eingearbeitet wurde. Nach SLADE (l. c.) wirkt auf *Locusta migratoria migratorioides* F. u. F. schon 1 Teil 666 auf 2000 Teile Kleie tödlich. Auch in den USA sollen durchschlagende Erfolge erzielt sein. Dennoch scheinen mir die Unterlagen noch nicht reichlich genug, um abschließende Urteile zu erlauben.

Noch dürftiger sind vor der Hand die mitgeteilten Erfahrungen über praktische Bedeutung der Vernebelung und Verschwelung von 666. Bei letzterem Verfahren kommt es infolge Überhitzung der Schwel-

körper leicht zu so hoher Temperatur, daß der Wirkstoff zerzetzt wird. Vielleicht beruht darauf das Versagen der smoke-Technik zur Bekämpfung von Vorratsschädlingen in Indien, über das mir ein im übrigen vertraulicher Bericht zuging. Gesackte Vorräte scheinen nach dem Räucherverfahren mit 666 nicht entseucht werden zu können, weil die Dämpfe nicht oder nicht tief genug in die Säcke eindringen. Auch auf diesem Gebiet tut man aber wohl gut, mit dem Urteil noch zurückzuhalten.

Das soweit recht erfreuliche Bild der Benzolhexachlorid-haltigen Präparate wird leider durch eine bislang unerwähnte, ihnen allen aber bekannte, sehr unangenehme Eigenschaft getrübt. Ich meine den Geruch und den Geschmack der Mittel. Allen bislang bekannt gewordenen Hexa-Mitteln haftet ein ekliger Moder- oder Kellergeruch und ein bitterer Geschmack an. Der Geruch wirkt bei der Arbeit lästig und soll unter Umständen Kopfweh (Hamilton, 1947, S. 234) bewirken. Er ließe sich vielleicht noch in Kauf nehmen, wenn er nicht auf die behandelten Pflanzen übergehen und an ihnen lange haften bleiben würde. Das gleiche gilt für den Boden, wenn in diesen größere Mengen wie bei der Bekämpfung von Drahtwürmern, Engerlingen usw. eingearbeitet werden. Die Erde gibt den Geruch dann noch nach längerer Zeit an die in ihr gebauten Pflanzen weiter. Kartoffeln wiesen bei Anbau auf einer Fläche, die 2 Jahre zuvor mit 10 l/m² einer 1prozent. Brühe behandelt war, noch deutlichen 666-Geschmack auf (Hänni, 1946, Nr. 12). Man hat eine Zeitlang gemeint, daß die Pflanzen nur bei unsachgemäßer Behandlung in der Qualität leiden würden und daß der ungünstige Geruch sich verliert, wenn die Ernteprodukte, z. B. Kartoffeln, eine Zeitlang luftig gelagert oder gewässert wurden. Beides ist nur bedingt richtig. Schwacher Modergeruch scheint mit der Zeit abzuklingen, ernstlich mit ihm beladene Ernteprodukte bleiben für den Menschen ungenießbar. Die aus diesen Erfahrungen sich ergebenden Folgerungen haben zu ernsten Rückschlägen in der Beurteilung des praktischen Werts der Präparate geführt. Die Hersteller sind daher auf das eifrigste bemüht, den Übelstand zu beheben. Die Aussichten dafür sind nicht ungünstig, weil es sich bestätigt, daß die reinen Isomeren, wie Slade (l. c.) und andere angaben, fast geruchlos sind. Das gilt im besonderen für die γ-Isomere [1]). Der Geruch, heißt es, rühre von chlorhaltigen Beimengungen her, und es sei nur die Frage, ob diese sich im Rahmen des wirtschaftlich Tragbaren beseitigen lassen. Kürzlich wurde mir von 2 Seiten berichtet, daß auch die Lösung dieser mehr technischen 2. Seite der Aufgabe jetzt bevorstehe. Wenn das richtig ist — es wird vielfach noch bezweifelt — würde es einen weiteren großen Schritt vorwärts in der ja zur Zeit mit 7-Meilenschritten vorwärtsschreitenden angewandten Entomologie bedeuten. Im Augen-

[1]) Anm. am 10. April 1948: Seit heute liegt auch mir ein als reine γ-Isomere deklariertes Produkt vor, daß praktisch geruch- und geschmacklos ist. Der Verf.

blick hat die Praxis von der guten Aussicht aber noch keinen Vorteil. Die zur Zeit im Handel befindlichen Präparate riechen noch unangenehm, die einen mehr, die anderen weniger, und teilen auch wohl den Pflanzen diese Eigenschaft mit. Welche Folgerungen hat der Pflanzenschutzdienst aus dieser Lage gezogen? Die Einstellung unserer deutschen Zentralstelle ist ihnen bekannt und steht hier nicht zur Erörterung. Die Schweiz hat laut einer mir durch den Herrn Kollegen KOTTE zugänglich gemachten Mitteilung der Eidgenössischen Versuchsanstalt in Wädensweil vom 23. März dieses Jahres den Anwendungsbereich der Hexa-Präparate amtlich stark eingeschränkt. Sie dürfen soweit empfohlen werden, als eine geschmackliche Entwertung von Gemüse, Früchten und Beeren nicht in Frage kommen kann. Die Firmen sind verpflichtet, auf Packungen und in Prospekten auf die Gefahren hinzuweisen. Zur Kartoffelkäferbekämpfung sind die Mittel dort überhaupt nicht zugelassen. In einer aus der bekanntesten Schweizer Produktionsstätte für Hexa-Präparate, d. h. aus der Chemischen Fabrik Dr. R. Maag, Dielsdorf/Zürich, stammenden Veröffentlichung heißt es 1947 (GÜNTHART, 1947, 45 S.) in bezug auf die Engerlingsbekämpfung mit Hexa-Mitteln, daß diese vorläufig nur in Baum-, Forst- und Rebschulen, bei jungen Obstbäumen, Beerenobst, Sträuchern, Hecken, Stauden und sonstigen Zierpflanzen durchzuführen sei und zwar im Frühjahr vor Beginn des Larvenfraßes. Dabei soll die Hexa-941-Suspension gegen Engerlinge in Stärke von 0,75—1 % zu 7—10 l/m² bzw. 4—6 l/lfd. m ausgebracht werden, unter Umständen in Mischung mit Jauche. Das Streumittel Hexaterr-142 ist zu 50 kg/ha, am besten in Mischung mit Kalkstickstoff oder Thomasschlacke einzuarbeiten, in Baumschulen zu 100 kg/ha beim Graben oder Fräsen. In dieser Form soll das Verfahren zur Zeit die schlechthin billigste und wirksamste Bekämpfung der Engerlinge überhaupt abgeben. Die Firma basiert bei diesen Rezepten auf eigenen Erfahrungen mit Hexa-Produkten an 126 000 Baumschulpflanzen, 160 000 Rebstecklingen, 2700 jungen Obstbäumen und 15 500 Beerensträuchern und Erdbeerpflanzen, zu denen viele Versuche bei Zierpflanzen und in landwirtschaftlichen Betrieben kommen. Die Basis ist also erfreulich breit. In bezug auf Nachfrüchte auf Böden, die im Vorjahr gegen Engerlinge behandelt oder auf denen oberirdisch lebende Insekten mit Hexa-941 angegriffen sind, macht der gleiche Hersteller erhebliche Vorbehalte und Einschränkungen. Kartoffeln, Rübli, Bodenrüben, Rettich, Zwiebeln, Lauch und ähnliche mehr oder minder unterirdisch ihre zum Verzehr bestimmten Organe entwickelnden Pflanzen sollen in der Folge dort 2 Jahre überhaupt nicht zum Anbau kommen. Auch bei Buschbohnen, Gurken, Kohlrabi und ähnlichen bodennahen Früchten sei Vorsicht am Platze. Kohl kann gegen Drehherzmücke (*Contarinia torquens* de Meij.) und Stengelrüßler (*Ceutorrhynchus napi* Gyll.) im Saatbeet ohne Gefahr bespritzt und bestäubt werden, im Felde dagegen nur bis zum Beginn der Kopfbildung (HÄNNI, 1946, Nr. 12). Keine Bedenken werden in bezug auf die Be-

handlung von wachsendem Getreide und von Ölfrüchten erhoben, bei letzteren wenigstens nicht, soweit es sich um Bekämpfung von Kohlerdflöhen (Phyllotreten), Rapserdfloh *(Psylliodes chrysocephala* L.), *Meligethes aeneus* L., *Ceutorrhynchus napi* Gyll. und *C. quadridens* Panz. handelt.

Ziemlich unklar ist die Lage noch im Obstbau. Daß kurz vor der Reife stehende Früchte Gefahr laufen, schlechten Geschmack anzunehmen, wenn sie mit 666-Präparaten in Berührung kommen, ist begreiflich, es fehlt aber auch nicht an Äußerungen, die schon ein viel früheres Spritzen und Stäuben für bedenklich halten. Ich beschränke mich auf die Wiedergabe einer Mitteilung, wonach Birnen, die am 19. Juli und am 16. August mit Hexa behandelt wurden, noch am 26. September, d. h. bei der Ernte, einen widerlichen Modergeruch gehabt haben sollen (Hamilton, 1947, 234).

Aus dem Weinbau sind die aus dem Ausland vorliegenden Meldungen im Vergleich zu einschlägigen deutschen Berichten sehr dürftig. Was mir bislang bekannt wurde, lautet ablehnend. Besonders gewarnt wird — und das kann nicht Wunder nehmen — vor der Behandlung von Tafeltrauben, die leicht einen ekelhaften Modergeruch annehmen. Aber auch der Wein kann im Geschmack leiden. So ist in einem Bericht des Service de la protection des végétaux in Toulouse (Ministère de l'Agriculture) vom Sommer 1947 zu lesen: „. . . Le raisin vendangé le 15. octobre, soit près d'un mois après le dernier traitement, avait un fort goût de moisi et le vin obtenu a présenté le même goût quoique un peu moins accusé que le raisin."

Über Einsatz von 666-Präparaten im Forst stehen aus dem Ausland keine authentischen Berichte zur Verfügung. Und das ist verwunderlich, weil man denken sollte, daß man dort sehr bald, ja mit zuerst die neuen Körper auf ihre insektiziden Potenzen überprüfen würde.

Gewisse Bedeutung scheinen die Hexa-Produkte dagegen bereits in der Baumwollkultur gewonnen zu haben. Viele Kardinalfeinde dieser Pflanze lassen sich leicht mit Benzolhexachlorid ausschalten. Das gilt z. B. für den Baumwollkapselkäfer *Anthonomus grandis* Boh., die Blattlaus *Aphis gossypii* Glover, den flea hopper (Mirid.) *Psallus seriatus* Reut. und die Eule *Alabama argillacea* Hbw. Der amerikanische Baumwollkapselwurm *Heliothis obsoleta* F. (= *armigera* Hbn.) ist dagegen mit 666 schwerer zu fassen als mit DDT.

Ob die Anfälligkeit wichtiger Vorratsschädlinge — der Kornkäfer *Calandra granaria* L. reagiert noch, wenn der Weizen mit 1 Teil Gammexan auf 1 Mill. Gewichtsteile Getreide versetzt wird (Slade, 1945, S. 279—281) — praktisch ausgenutzt werden kann, steht dahin. Es heißt allerdings, daß Brot, das aus behandeltem Mehl hergestellt ist, weder muffigen Geruch noch schlechten Geschmack aufweist. Ich kann dazu nur bemerken, daß in eigenen Räucherversuchen mit eingesetztes Roggenbrot später und längere Zeit deutlich nach Benzolhexachlorid schmeckte.

Über die Auswirkung von Gammexan auf Nutztiere sind die Unterlagen noch recht unvollkommen, so daß eine Vergleichsmöglichkeit mit DDT noch nicht gegeben ist, doch scheinen die Verhältnisse bei beiden Verbindungen nicht ganz unähnlich zu liegen. Für Regenwürmer ist 666 ebenso wie übrigens DDT nicht gerade harmlos (GÜNTHART, 1947, 45 S.), für Bienen, der einzigen mir bekannten ausländischen Meldung nach (BISHOPP, 1946, S. 449—459) — und nur diese habe ich themagemäß zu berücksichtigen —, ist es schon in sehr geringen Mengen ausgesprochen giftig. Auf Goldfische wirkt die γ-Isomere schon in einer Konzentration von 1 : 1 000 000 deutlich toxisch. In bezug auf die Gefährdung der Warmblüter gehen die Urteile auseinander. Für Ratten (SLADE, 1945, S. 279—281) scheint die letale Dosis der γ-Isomere bei Verabreichung per os um 0,19 g/kg Körpergewicht zu liegen. Täglich 30 mg vertrugen sie 2 Monate lang reaktionslos. Bepinseln des Schwanzes und der Ohren mit 5prozent. Isomerengemisch zeitigte keine Wirkungen. Subkutane Injektion von 100 mg/kg Körpergewicht tötete 25 %. Der Rest erholte sich. Haustiere, die 4 Wochen mit Grünfutter genährt waren, das einmal (Kaninchen) bzw. täglich (Schafe und Kühe) mit der normalen bis zehnfachen (Kaninchen) Konzentration der Hexachlorcyclohexan-Suspensionen bespritzt war, verhielten sich in bezug auf Freßlust, Stoffwechsel und Gewicht wie die Kontrolltiere (HÄNNI, 1946, Nr. 12, GÜNTHART, 1947, 45 S.).

SLADE (l. c.) folgerte aus seinen Versuchen mit Ratten, daß das Arbeiten mit 666 Menschen und höheren Tieren kaum gefährlich werden kann. Die Äußerung stammt aus dem Jahre 1945. Ein Jahr später scheint man in England skeptischer geworden zu sein. Im Brit. Med. Journ. vom 1. Juni 1946 wird die Auffassung vertreten, daß 666 für Warmblüter rascher giftig ist als DDT und daß die Vergiftung überdies ohne die für DDT typischen, sich frühzeitig einstellenden Warnsymptome eintritt. Das letzte Wort ist in dieser Frage aber wohl noch nicht gesprochen.

Eingangs wurde gesagt, daß sich die epochalen Fortschritte, welche in der Schädlingsbekämpfung im letzten Jahrzehnt erzielt wurden, im wesentlichen auf 2 Verbindungen beschränken. Über beide, also über Dichlordiphenyltrichloräthan und Benzolhexachlorid, ist jetzt das wesentlichste gesagt. Was im übrigen über Erfahrungen des Auslandes mit neuartigen Insektiziden mitzuteilen ist, läßt sich mit ein paar Worten abmachen. Das gilt auch für die wenigen Abkömmlinge von 666, über deren insektizide Eigenschaften bislang Berichte vorliegen. Es handelt sich dabei um einige Schwefel- und Thiocyanderivate. RAUCOURT (1945, S. 235—236) vermutet, daß die bis dahin hergestellten Verbindungen dem Benzolhexachlorid insektizid zum mindesten gleichwertig seien. Die Sulfide sollen sich besonders wirksam gegen *Leptinotarsa decemlineata* Say erwiesen haben. Seither ist über diese Körper aber kaum wieder etwas verlautet. Nur über ein Mittel Braconyl, ein Handelspräparat aus Sulfiden von Polychlorcyclan und Glyceriden aliphatischer Säuren, ist in Frankreich eine Arbeit erschienen, die nicht unerwähnt bleiben darf.

Bouchet (1944, S. 349—353) erzielte nämlich durch 1—2maliges Spritzen zur Zeit des Grünspitzenstadiums und 7—8 Tage später ein Absinken des Befalls durch den Apfelblütenstecher *Anthonomus pomorum* L. um 77—100 %. Der Erfolg wird noch dadurch unterstrichen, daß die behandelten Bäume 4—5 Tage früher erblühten als die Kontrollen, wodurch die Periode der Anfälligkeit eine Abkürzung erfuhr. Der Verfasser rechnet mit ovizider Wirkung des Präparats. Die Befunde sind also beachtlich.

Daß in den USA auch mit unserem als Hexaäthylester der Tetraphosphorsäure angesprochenen Bladan Versuche durchgeführt sind und daß es als ausgezeichnetes Ersatzmittel für Nikotin zur Blattlausbekämpfung bezeichnet wird, sei nur am Rande vermerkt (Bishopp, 1946, S. 449—459).

Neuerdings tauchen dort auch unserem E 605 (angeblich o-p-Nitrophenylthiophosphat) ähnliche oder mit ihm identische Mittel (Thiophos 3422, Parathion und Phosphenon) auf (Porter, 1948, S. 19 d; briefl. Mitt. von Dr. Kotte am 29. März 1948), die dem deutschen Präparat vielleicht Konkurrenz machen werden.

Unter den neueren chlorhaltigen organischen Insektiziden, die zur Zeit in den USA von sich reden machen, nenne ich ferner die Präparate Chlordane und Chlorinated camphene (Porter, 1948, S. 19). Das erstere wird gegen Rüsselkäfer und Heuschrecken angewandt, soll aber auch für die Larven von *Popillia japonica* und andere Bodenschädlinge giftig sein. Ob es für Pflanzen hinreichend harmlos ist, scheint noch der Klärung zu bedürfen. Das zweite Präparat wird zur Anwendung im Obstbau empfohlen. Es soll gut auf *Psylla piri* und Rote Spinne wirken.

Zuletzt bleibt ein wie die beiden letzten als Isomerengemisch von $C_{10}H_6Cl_8$ aufgefaßtes, zunächst von Kearns, Ingle und Metcalf beschriebenes Mittel zu nennen (1945, S. 661—668), das heute von der Velsicol Corporation of Chikago hergestellt, als Velsicol 1068 gehandelt und auch in England vertrieben wird. Seine Eigenschaften sind durchaus beachtlich. Velsicol 1068 ist eine zähflüssige, farblose und geruchlose Substanz, die in jedem Verhältnis in den bekannten organischen Lösungsmitteln, nicht aber in Wasser löslich, wohl aber in diesem leicht emulgierbar ist. Das Präparat ist chemisch hinreichend stabil, aber flüchtiger als DDT. Durch Alkalien wird es leicht unter Freiwerden von Salzsäure zersetzt. Für den Menschen soll es nicht gefährlich sein. Durch die menschliche Haut wird es nicht aufgenommen, auch nicht durch die Schleimhäute. Für Insekten ist es aber hochgradig giftig. Für 2 g schwere Grashüpfer soll die letale Dosis je Gramm Körpergewicht bei Verabreichung per os 12,5—25 mmg betragen. Die Giftigkeit des Mittels läge damit wenigstens für dieses Objekt noch über der von Gammexan. Das gleiche gilt in noch stärkerem Maße in bezug auf DDT. Zur Abtötung von 50 % bzw. 95 % innerhalb 120 Stunden von *Periplaneta americana* L. durch Bestreichen der thorakalen Tergite waren bei Velsicol

1068 14 bzw. 25 und bei DDT 38 bzw. 70 mmg erforderlich. Die Larven von *Leptinotarsa decemlineata* Say gingen bei Dosierung von 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000 und 1 : 4000 bei 1068 zu 100, 90, 80 und 60 %, bei DDT zu 80, 60, 20 und 30 % ein. Auch für Blattläuse ist das Präparat hochgiftig (KEARNS, INGLE und METCALF, 1945, S. 661—668). Der Hersteller nennt weiter außer Stubenfliegen, Stechmücken, Bettwanzen und Silberfischchen noch Ameisen, Getreideinsekten und Baumwollfeinde als leicht mit Velsicol 1068 bekämpfbar (Rev. appl. Entom. Ser. A, **34**, 1946, Heft 10, 2. Umschlagseite). Das Präparat verdient also Interesse. Stutzig macht zwar, daß noch keine weiteren wissenschaftlichen Arbeiten über den Gegenstand bekannt geworden sind. Hält das Mittel aber das, was sich der Hersteller verspricht, wären nunmehr auch die USA in die Reihe der Länder eingetreten, denen Großerfolge in der eigenen Synthese und nicht nur in der Übernahme ausländischer Hochleistungsmittel der Schädlingsbekämpfung beschieden sind. Damit würde das heute eingangs Gesagte korrekturbedürftig. Mit dieser Rückkehr zum Anfang schließt der Kreis.

Schrifttum

Anon.: Investigations with DDT in California, 1944. A preliminary Report prepared under the Direction of the Division of Entomology and Parasitology. — 33 pg., multigraph. Calif. agric. Exp. Sta., 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 110, 1947.

ALLMAN, S. L., Benzene Hexachloride in Grasshopper Baits. — Agric. Gaz. New South Wales **57**, 171—172, 182, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 216—217, 1947.

ANNAND, P. N., and others, Tests conducted by the Bureau of Entomology and Plant Quarantine to appraise the Usefulness of DDT as an Insecticide. — Journ. econ. Entom. **37**, 125—159, 1944. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **32**, 376, 1944.

BARNES, M. M., Experiences with a Spray Attachment to a standard type Orchard Duster. — Proc. New York St. hort. Soc. **91**, 152—155, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **36**, 57, 1948.

BISHOPP, F. C., The Insecticide Situation. — Journ. econ. Entom. **39**, 449—459, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **36**, 12—14, 1948.

BOUCHET, R., Nouveau procédé de lutte chimique contre l'anthonome du pommier (*Anthonomus pomorum* L.). — C. R. Acad. Agric. France **30**, 349—353, 1944. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 313, 1947.

BOYCE, A. M., Gesarol a promising agricultural Insecticide. — Calif. Citrogr. **29**, 76—77, 1944. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **32**, 264—265, 1944.

— —, and PRENDERGAST, D. T., Dinitro-ortho-cyclohexylphenol offers promise in control of citrus red mite. — Journ. econ. Entom. **29**, 218—219, 1936.

BW., DDT nicht ungefährlich. — Orion 3. Jg., S. 26, 1948.

CAMPAU, E. J., and WILSON, H. F., Dispersants for Rotenone. A Study of the Effect of Dispersants on the Toxicity of Rotenone Dusts. — Soap **20**, Nr. 10, 117, 119, 121, New York, 1944. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **33**, 282 bis 283, 1945.

COTTON, R. T., BALZER, A. I., and YOUNG, H. D., The possible Utility of DDT for insect-proofing Paper Bags. In: ANNAND, P. N., and others, Journ. econ. Entom. **37**, 125—159, 1944 (s. o.), p. 140. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A. **32**, 377, 1944.

Cristol, S. J., Hayes, R. A., and Haller, H. L., Determination of 1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane in technical DDT. — Industr. Engng. Chem. **17**, 470—472, Easton, Pa., 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **34**, 359—360, 1946.

Decker, G. C., Agricultural Applications of DDT, with special Reference to the Importance of Residues. — Journ. econ. Entom. **39**, 557—562, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **36**, 81—82, 1948.

Ditman, L. P., DDT Preparations for Control of the Pea Aphid. — Journ. econ. Entom. **39**, 219—222, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 258 bis 259, 1947.

Dustan, G. G., Armstrong, T., and Putman, W. L., Preliminary Experiments with Benzene Hexachloride (666) as an Insecticide. — Sci. Agric. **26**, 106 bis 121, Ottawa, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 182—185, 1947.

Ebeling, W., DDT Penetration prevented by adding Aluminum Stearate to DDT-Kerosene Solutions. — Journ. econ. Entom. **38**, 689—691, 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 123—124, 1947.

Fleck, E. E., and Haller, H. L., Compatibility of DDT with Insecticides, Fungicides, and Fertilizers. — Industr. Engng. Chem. **37**, 403—405, Easton, Pa., 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **34**, 157, 1946.

Glasgow, H., DDT as a Control for the Pea Aphid. — Journ. econ. Entom **39**, 195—199, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 254—255, 1947.

Günthart, E., Die Bekämpfung der Engerlinge mit Hexachlor-cyclohexan-Präparaten. — Mitt. Schweiz. Entom. Ges. **20**, Heft 5, 45 S., 1947. — Ref.: Zeitschr. Pflanzenkr. **55**, 62—63, 1948.

Hackman, R. H., The Preparation of some Emulsions containing DDT. — Journ Coun. sci. industr. Res. Aust. **19**, 77—85, Melbourne, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 220—221, 1947.

Hänni, H., Wird der Geschmack der Feldfrüchte durch die Anwendung der Hexachlorcyclohexan-Produkte beeinträchtigt? — Schweiz. landwirtschaftl. Monatsschrift Nr. 12, 15. Dezember 1946.

Haller, H. L., and others, The chemical Composition of technical DDT. — Journ. Amer. chem. Soc. **67**, 1591—1602, Easton, Pa., 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **34**, 359—360, 1946.

Hamilton, —., New Insecticides for Control of Pear Psylla. — Journ. econ. Entom. **40**, 234, 1947.

Harman, S. W., Codling Moth Control with Dusts and Sprays. — Proc. New York St. hort. Soc. 90, 46—53, 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, *34*, 195, 1946.

Hill, and Hixson, —., Hexachlorcyclohexane Dusts and Fogs to Control Grasshoppers. — Journ. econ. Entom. **40**, 137, 1947.

Hinman, E. J., Laboratory Cage Tests of DDT in Grashopper Baits. — In: Annand, P. N., and others, Journ. econ. Entom. **37**, 125—159, 1944 (s. o.), p. 148. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **32**, 381, 1944.

Holst, E. C., DDT as a Stomach and Contact Poison for Honeybees. In: Annand, P. N., and others, Journ. econ. Entom. **37**, 125—159, 1944 (s. o.), p. 159. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **32**, 387, 1944.

Hough, W. S., Experiments with DDT for Control of Codling Moth and Comstock Mealybug. — Virginia Fruit **33**, 183—192, Staunton, Va., 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **34**, 105—106, 1946.

— — Codling Moth Control Developments in Virginia. — Proc. New York St. hort. Soc. **90**, 190—194, 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **34**, 195 bis 196, 1946.

Ivy, E. E., and Ewing, K. P., Benzene Hexachloride to control Cotton Insects. — Journ. econ. Entom. **39**, 38—41, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 175—176, 1947.

Kauer, K. C., Duvall, R. B., and Alquist, F. N., Epsilon Isomer of 1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexachlorocyclohexane. — Industr. Engng. Chem. **39**, 1335, 1947.

Kearns, C. W., Ingle, L., and Metcalf, R. L., A new chlorinated Hydrocarbon Insecticide. — Journ. econ. Entom. **38**, 661—668, 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 119—120, 1947.

Läuger, P., Martin, H., und Müller, P., Über Konstitution und toxische Wirkung von natürlichen und neuen synthetischen insektentötenden Stoffen. — Helvetica Chimica Acta **27**, 892—928, 1944. — Ref.: Zeitschr. Pflanzenkr. **55**, 120—121, 1948.

Martin, H., and Wain, R. L., The qualitative Examination of insecticidal Properties. Progress Report, 1944. — Rep. agric. hort. Res. Sta. Bristol 1944, 121—140, (1945). — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **34**, 254—256, 1946.

Pasfield, G., and Bryden, J. D., Codling Moth Control. Experiments at Bathurst using D.D.T., „666" and Lead Arsenate. — Agric. Gaz. New South Wales **57**, 535—538. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 369—370, 1947.

— —, and Holbeche, J., Codling Moth Control. Experiments using D.D.T., „666", and Lead Arsenate at Orange. — Agric. Gaz. New South Wales **57**, 488—491, 498, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 369—370, 1947.

Porter, B. A., New Insecticides for Codling Moth Control. — Trans. Peninsula hort. Soc. 1944, 24—29, (1945). — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **34**, 107, 1946.

— —, Parathion and Chlordane join DDT in Insect Battle. — American Fruit Grower, Februar, 1948, p. 19.

Raucourt, M., Découverte récente d'un nouvel insecticide l'hexachlorocyclohexane. — La Nature Nr. 3093, 235—236, 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **33**, 331—332, 1945.

Shepard, and Campbell, The relative toxicity of Rotenone and some related compounds as stomach insecticides. — Journ. econ. Entom. **25**, 142—144, 1932.

Slade, R., A new British Insecticide. The Gamma Isomer of Benzene Hexachloride. — Chem. Trade Journ. **116**, Nr. 3017, 279—281, London, 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **33**, 256—258, 1945.

Steiner, L. F., Summerland, S. A., and Fahey, J. E., Experiments with DDT for Codling Moth Control at the Vincennes, Ind. Laboratory. — Trans. Ill. hort. Soc. 1944, **78**, 153—169, (1945). — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 81—84, 1947.

— —, Summerland, S. A., and Fahey, J. E., Experiments in 1945 with DDT for Control of the Codling Moth. — 24 pg. U. S. Dep. Agric., Bur. Entom. (1946). — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 318—320, 1947.

Taylor, G. G., Preliminary Field Trials with D.D.T. and 666 against Insect Pests. — New Zealand Journ. Sci. Tech. **27** (A), 129—133, 1945. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 63—64, 1947.

Thomas, F. J. D., and Jamson, H. R., Practical control of wireworms with gammexan. — Nature **157**, 555. — Ref.: Chemical Abstracts **40**, 3845.

Trappmann, W., Arsenmittel im Pflanzenschutz — Rückblick und Ausblick. — Zeitschr. Pflanzenkrankh. **55**, 35—53, 1948.

Wallace, C. R., Benzene Hexachloride („666") and D.D.T. applied to the Soil against Black Beetle. — Agr. Gaz. New South Wales **57**, 200, 1946. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **35**, 218—219, 1947.

Wiesmann, R., Neue Versuche mit Arsenersatzstoffen im Obstbau. — Schweiz. Zeitschr. Obst- und Weinbau, 155—165, 1942.

— —, Weitere Versuche mit Gesarol im Obstbau. — Schweiz. Zeitschr. Obst- und Weinbau **52**, 171—204, 1943.

Wilson, C. C., Efficiency of DDT as a Dust and in Bait for Grashopper Control. In: Annand, P. N., and others, Journ. econ. Entom. **37**, 125—159, 1944 (s o.), 148—149. — Ref.: Rev. appl. Entom. Ser. A, **32**, 382, 1944.

Zoologisches Institut der Universität Würzburg

Methoden der Prüfung von Textilien auf Termitenfestigkeit im fabrikneuen und im Gebrauchszustand [1]

Von

Prof. Dr. Karl Gösswald

Mit 20 Abbildungen

Inhaltsübersicht:

A. Einleitung. — B. Prüfung von Textilien. I. Zur Normierung der Textilienprüfung. II. Resistenzunterschiede nicht imprägnierter Stoffproben. III. Widerstandsunterschiede fabrikneuer und gebrauchter Textilien. IV. Untersuchung vollsynthetischer Stoffe. — C. Zusammenfassung. — D. Schrifttum.

A. Einleitung

Die Nahrungsaussichten der tierischen Textilienschädlinge haben sich durch die Einstellung der Industrie auf neue Rohstoffe grundlegend geändert. Während sich die Gefahr einer Beschädigung mancher Fabrikate von seiten der Kleidermotte [2]) und anderer Woll- und Pelzschädlinge [3]) durch die neuzeitliche Verwendung von Pflanzenfaserprodukten vermindert hat, ist hinsichtlich der Einwirkung von Termiten gerade das Gegenteil der Fall. Denn die Termiten ernähren sich überwiegend von pflanzlicher Substanz. Nun kommen außerdem noch Gewebe aus vollsynthetischem Material hinzu. Die Aufgaben des Textilienschutzes haben sich hiermit ebenfalls geändert. Abgesehen von der Notwendigkeit, nunmehr auch holzfressende Insekten als Textilienschädlinge in Betracht zu ziehen, ist mit der Verwendung synthetischer Rohstoffe die Möglichkeit gegeben, den Schutz der Fabrikate sowohl gegen Keratinfresser wie gegen Cellulosefresser auf eine Linie zu bringen.

Fast alle Materialien, die von mir nachgeprüft wurden, haben sich als nicht termitenfest erwiesen, obwohl sie von anderer Seite als termitenfest begutachtet worden waren. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß die Prüfergebnisse noch nicht gleichwertig sind. Da die Termitenmittel-

[1]) Ausgeführt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, eingereicht 1943.

[2]) Prüfung vgl. Meckbach, 1921; Hase, 1932, 1933 a, 1933 b; Gösswald, 1937.

[3]) Vgl. Herfs, 1932 a, b, 1936.

prüfungen erst seit wenigen Jahren durchgeführt werden, bedeuten diese Unterschiede von Prüfergebnissen, die in gewissen Grenzen immer wieder in Erscheinung treten werden, da die Versuchstiere keine Automaten sind, keinen Vorwurf. In Zukunft dürfte jedoch eine wesentlich bessere Übereinstimmung zu erreichen sein. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Termitenmittelprüfung, vor allem was die Termitenfestigkeit betrifft [4]), sind so weit gediehen, daß man sich nunmehr auf eine Norm einigen sollte. Über die Methoden der Prüfungen, denen eingehende physiologische und biologische Untersuchungen zugrunde liegen, habe ich bereits in früheren Arbeiten berichtet [5]). Auch die Zucht der Termiten muß als Grundlage für den Gewinn gleichwertiger Versuchstiere zu den Mittelprüfungen einheitlich durchgeführt werden [6]). Nicht nur die Prüfmethode und das Versuchstier müssen einwandfrei sein. Der Prüfling selbst muß sich ebenfalls in einem Zustande befinden, der eine folgerichtige Beurteilung zuläßt.

In der vorliegenden Arbeit soll nun als Ergänzung der früheren allgemeinen Erörterungen über die Prüfung der verschiedenartigsten Materialien (vgl. GÖSSWALD, 1943 a) speziell zur Untersuchung von Textilien Stellung genommen werden.

B. Zur Prüfung von Textilien

Textilien können, ähnlich wie z. B. Kunst- und Preßstoffe, der Prüfung in sehr verschiedener Zusammensetzung und Form vorliegen. Zu dieser Vielseitigkeit kommt hinzu, daß im Herstellungsprozeß manchmal Zutaten, z. B. Stärkeappretur, eine im Rohzustand vorhandene Termitenfestigkeit unwirksam machen können. Aber auch nach dem Abschluß der Fabrikation sind die Textilien noch oft Veränderungen unterworfen, die von großem Einfluß auf die Termitenfestigkeit sein können. Getragene Stoffe werden im Gebrauch beschmutzt, so unter Umständen mit Nährstoffen angereichert, die den Termiten zugute kommen. Schließlich kann es vorkommen, daß das Imprägniermittel, welches dem Gewebe die Termitenfestigkeit verleiht, ausgewaschen wird.

I. Zur Normierung der Textilienprüfung

Zunächst ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob die Termitenfestigkeit eines Gewebes mittels Imprägnierung oder bereits durch die Eigenart des Rohstoffes und die Art der Verarbeitung erzielt werden soll. Im ersten Falle wählt man zweckmäßig zur Prüfung einen Trägerstoff für das Imprägniermittel, der verhältnismäßig leicht von den Termiten angegriffen werden kann. Dieser für jede Kategorie von imprägnierfähigen Textilien auszuwählende Standard-

[4]) Vgl. auch KOFOID, 1936; WILLIAMS und KOFOID, 1936, LIESE, 1941; BECKER, 1942 a, b; BECKER, SCHULZE und SCHULZ, 1942; SEIFERT, 1942, 1943.

[5]) Vgl. GÖSSWALD, 1941 a, 1942 a, b, c, 1943 a.

[6]) Zuchtmethode vgl. GÖSSWALD, 1941 b, 1942 a, 1943 b.

prüfstoff wird dadurch gefunden, daß man die Versuchstiere auf eine größere Auswahl der verschiedensten noch unbehandelten Textilien während einer bestimmten Zeitdauer einwirken läßt (vgl. unter II). Die an sich widerstandsfähigeren Gewebe können bereits in Verbindung mit einer schwächeren Imprägnierung die gleiche Festigkeit aufweisen wie weniger widerstandsfähige Stoffarten in Verbindung mit einem wirkungsvolleren Imprägniermittel. So kann es vorkommen, daß ein Imprägniermittel wegen der relativen Widerstandsfähigkeit des gerade in der Prüfung verwendeten Trägerstoffes als wirkungsvoll erklärt wird, während das gleiche Mittel in derselben Konzentration in Verbindung mit einem anderen Trägerstoff als wirkungslos abgelehnt werden muß. — Für den zweiten Fall der Prüfung von Geweben, die durch die Eigenart ihres Ausgangsmaterials ohne Imprägnierung termitenfest sein sollen, wählt man sinngemäß als Standardprüfstoff eine Qualität, die unter den für das Versuchstier optimalen Bedingungen nach langer Einwirkungsdauer gerade noch schwach beschädigt werden kann. Durch diese Art der Kontrolle soll also die Angriffsbereitschaft der Versuchstiere überwacht werden. Nur wenn im Vergleichsversuch das gerade noch angreifbare Standardprüfmaterial tatsächlich beschädigt wird und alle anderen Bedingungen erfüllt sind, ist es möglich, bei Nichtbeschädigung des Prüfobjektes mit Sicherheit auf dessen Widerstandsfähigkeit zu schließen.

II. Resistenzunterschiede nicht imprägnierter Stoffproben

Durch diese Untersuchungen wird zunächst an unbehandelten Geweben festgestellt, wie sich die Termiten gegen die verschiedenartigsten Ausgangsprodukte verhalten und wie weiter hier Besonderheiten der Fabrikation ein unterschiedliches Aufarbeitungsvermögen der Versuchstiere bedingen. Ferner sollen Standardgewebe für die Prüfung von Imprägniermitteln sowie für die Untersuchung der stofflichen Termitenfestigkeit ausgewählt werden. Primäre Unterschiede sind z. B. bei tierischer Wolle, Baumwolle oder Holz und anderen Pflanzenfasern sowie bei synthetischem Material als Rohprodukte zu erwarten. Sekundäre Resistenzunterschiede können z. B. durch Appretur, Bleiche usw. auftreten.

Die in den Abb. 1, 2 und 3 zusammengestellten Stoffproben Nr. 1 bis 27 sind freundlicherweise von der I. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen, Coloristische Abteilung, zur Verfügung gestellt worden, wofür auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Die Stoffproben wurden gleichzeitig am 15. März 1943 mit je 20 Altlarven der mediterranen Termite *Calotermes flavicollis* bestückt. Als Versuchsraum dienten wie (1942) angegeben Zwölferschalen mit 98 bis 99 % relativer Luftfeuchtigkeit bei 27 ° C. Die Untersuchung dauerte nur 15 Tage; denn es sollten nur graduelle Widerstandsunterschiede, nicht aber die absolute Termitenfestigkeit festgestellt werden. Bei der sonst üblichen Versuchsdauer von mindestens

6 Monaten und bei stärkerer Bestückung wären voraussichtlich alle Proben befressen worden.

Tote oder schwache Tiere wurden sofort bei der täglichen Kontrolle durch gesunde Termiten ergänzt, und zwar im 2. Versuch 1 Termite, im 4. Versuch 1, im 5. Versuch 3, im 10. Versuch 1, im 16. Versuch 2, im 18. Versuch 3, im 19. Versuch 1, im 21. Versuch 1, im 22. Versuch 1, im 23. Versuch 4, im 24. Versuch 1, im 28. Versuch 1, alle übrigen Versuche blieben ohne Verlust.

Vor Beschreibung der Fraßschäden nach Abschluß der Prüfung, soll auf einige Besonderheiten und auf den Fortgang von Fraßeinwirkungen in den ersten Tagen Bezug genommen werden. Denn bei kurzer Prüfdauer lassen sich noch feine Unterschiede erkennen, die sich später ausgleichen. Unter dem Einfluß des künstlichen Tropenklimas haben sich die Proben Woll-Diagonal (Nr. 4) schwach und Woll-Kaschmir (Nr. 5) stark gerollt. Bei der Probe Acetat-Kunstseide Trikot matt (Nr. 14) haben sich zwei gegenüberliegende Breitseiten, bei Halbseide-Satin zwei gegenüberliegende Ecken gerollt. Bezüglich stofflicher Zusammensetzung sind folgende Qualitätsgruppen zu unterscheiden: 1—3 Naturseide, 4—6 Schafwolle, 7—13 rein Viscose, 14—18 Acetat-Kunstseide, 19 PeCe-Stoffe, 20—22 Kupferkunstseide, 23 Naturseide-Baumwoll-Mischgewebe, 24 Vistra (Zellwolle) und 25—27 Baumwolle. Einige dieser Gruppen haben sich durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Termitenfraß deutlich hervorgehoben.

Befund nach 1 Tag:

Starker Fraß:	Schwacher Fraß:	Kein Fraß:
10. Viscose-Taffet	11. Viscose-Trikot matt	1. Satin-Seide
12. Viscose-Satin glänzend	13. Visc.-Mattkrepp	2. Tussah-Seide
21. Kupferkunstseide glänzend	17. Acetat-Serge	3. Rohseide
		4. Woll-Diagonal
		5. Woll-Kaschmir
		6. Woll-Flanell
		7. Viscose-Trikot
		8. Viscose-Stoff
		9. Viscose-Krepp
		14. Acetat-Kunstseide Trikot-matt
		15. Acetat-Kunstseide Trikot glänzend
		16 Acetat-Kunstseide Satin matt
		18. Acetat-Kunstseide Satin glänzend
		19 PeCe-Stoff
		20. Kupferkunstseide matt
		22. Cuprama (Kunstseide)
		23. Halbseide-Satin
		24. Vistra-Mouseline
		25. Baumwolle
		26. Baumwolle gebleicht
		27. Baumwolle merc.

An folgenden Proben wurden bereits am 16. März 1943, also nach einem Tag Fraßschäden festgestellt: Viskose-Taffet (Nr. 10) stärkerer Fraß, bereits Lochfraß, Viscose-Trikot matt (Nr. 11) Schabefraß, Viscose-Satin glänzend (Nr. 12) ausgedehnter Schabefraß, Viscose-Mattkrepp (Nr. 13) fein zerstreute kleinste Fraßstellen auf ein Drittel der Probe verteilt, Acetat-Kunstseide Serge (Nr. 17) an zwei Stellen ganz

kleiner Lochfraß (Löcher 1,5 mm Durchmesser), Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21) an vielen Stellen zerstreute punktförmige Schadstellen. Die übrigen Stoffproben waren am 16. März 1943 noch nicht sichtbar befressen. Somit blieben folgende Gruppen am ersten Tage noch verschont: Seide, Wolle, PeCe-Stoff, Vistra-Mouseline und Baumwolle.

Befund nach 2 Tagen:

Stark:

2. Tussah-Seide
7. Viscose-Trikot
8. Viscose-Stoff
10. Viscose-Taffet
11. Viscose-Trikot matt
12. Viscose-Satin glänzend
13. Viscose-Mattkrepp
20. Kupferkunstseide matt
21. Kupferkunstseide glänz.

Schwach:

3. Rohseide
9. Viscose-Krepp
14. Acetat-Kunstseide-Trikot matt
16. Acetat-Kunstseide Satin matt
17. Acetat-Kunstseide Serge
18. Acetat-Kunstseide Satin glänzend
24 Vistra-Mouseline

Undeutlich:

15. Acetat-Trikot glänzend

Nicht befressen:

1. Satin-Seide
4. Woll-Diagonal
5. Woll-Kaschmir
6. Woll-Flanell
19. PeCe-Stoff
22. Cuprama (Kupferkunstseide)
23. Halbseide-Satin
25. Baumwolle
26. Baumwolle gebleicht
27. Baumwolle gebleicht und merc.

Am 17. März 1943 waren bereits bei weitaus den meisten Prüflingen Fraßspuren festgestellt worden. Satin-Seide (Nr. 1) hat zunächst noch keinen Fraß erlitten. Tussah-Seide (Nr. 2) zeigte ausgedehnten Schabefraß, auch Roh-Seide (Nr. 3) wies an mehreren Stellen leichte Fraßspuren auf. — Bei Viscose-Trikot (Nr. 7) wurde stärkerer Lochfraß und Schabefraß festgestellt, bei Viscose-Stoff (Nr. 8) ausgedehnter Schabefraß, bei Viscose-Krepp (Nr. 9) Schabefraß auf einem Viertel der Fläche, bei Viscose-Taffet (Nr. 10) hat der bereits am ersten Tag festgestellte Lochfraß weiter an Ausdehnung zugenommen, auch bei Viscose-Trikot matt (Nr. 11) hat sich der Schabe- und Lochfraß erweitert, ebenso hat sich bei Viscose-Satin glänzend (Nr. 12) der Schabefraß ausgedehnt, bei Viscose-Mattkrepp (Nr. 13) geht der Schabefraß in Lochfraß über. — Die Acetat-Kunstseide Trikot matt (Nr. 14) zeigt nunmehr an einer Stelle Schabefraß und außerdem ein kleines Loch, an Acetat-Kunstseide Trikot (Nr. 15) glänzend sind leichte Fraßstellen bei durchscheinendem Licht wahrnehmbar; Acetat-Kunstseide Satin matt (Nr. 16) weist an zwei Stellen Schabefraß auf. Bei der Acetat-Kunstseide Serge (Nr. 16) ist neuerdings, zu den beiden am Vortag festgestellten kleinen Lochfraßstellen leichter Schabefraß in größerer Ausdehnung hinzugekommen. Acetat-Kunstseide Satin glänzend (Nr. 18) weist sehr leichten Schabefraß auf. Der PeCe-Stoff (Nr. 19) ist weiterhin ohne Befund. Die Kupferkunstseide matt (Nr. 20) hat ausgedehnten Schabefraß erlitten; die Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21), an der

bereits am Vortag zahlreiche zerstreute punktförmige Schadstellen beobachtet worden waren, zeigt sehr gleichmäßig ausgedehnten Schabefraß. Cuprama (Kupferkunstseide Nr. 22) ist abermals ohne Befund. Der nunmehr sehr stark gerollte Halbseide-Satin (Nr. 23) ist ebenfalls wieder verschont geblieben. Dagegen war an Vistra-Mouseline (Nr. 24) eine Kante etwas befressen. Sämtliche Baumwollstoffe (Nr. 25—27) blieben wieder ohne Befund.

Befund nach 4 Tagen:

Stark:		Schwach:
2. Tussah-Seide	12. Viscose-Satin glänzend	1. Satin-Seide
3. Rohseide	13. Viscose-Mattkrepp	5. Woll-Kaschmir
7. Viscose-Trikot	16. Acetat-Kunstseide Satin matt	14. Acetat-Kunstseide Trikot matt
8 Viscose-Stoff	17. Acetat-Kunstseide Serge	15. Acetat-Kunstseide Trikot glänzend
9. Viscose-Krepp	20. Kupferkunstseide matt	18. Acetat-Satin glänzend
10. Viscose-Taffet	21. Kupferkunstseide glänz	26. Baumwolle gebleicht
11. Viscose-Trikot matt	24. Vistra-Mouseline	27. Baumwolle gebleicht und merc.
Undeutlich:	Nicht befressen:	
—	4. Woll-Diagonal	22. Cuprama (Kupferkunstseide)
—	6. Woll-Flanell	23. Halbseide-Satin
—	19. PeCe-Stoff	25. Baumwolle

Am 19. März 1943 sind weitere Proben angegriffen. So wurde nunmehr auch an Satin-Seide (Nr. 1) sehr feiner, ausgedehnter Schabefraß festgestellt, bei den anderen Seiden, nämlich Tussah-Seide (Nr. 2) und Rohseide (Nr. 3) geht der Schabefraß bereits an einigen Stellen in Lochfraß über. — Zwei Wollstoffe, und zwar Woll-Diagonal (Nr. 4) und Woll-Flanell (Nr. 6) sind wieder unberührt geblieben, nur Woll-Kaschmir (Nr. 5) weist an einer Stelle leichten Schabefraß und Randfraß auf. — Bei allen Viscose-Stoffen hat sich der Fraß weiter verstärkt und geht meist in Lochfraß über, und zwar bei Viscose-Trikot (Nr. 7) an 3 Stellen, bei Viscose-Stoff (Nr. 8) an 6 Stellen, bei Viscose-Krepp (Nr. 9) an 2 Stellen bereits umfangreich, bei Viscose-Taffet (Nr. 10) an 7 Stellen, stückweise sogar schon in Teilfraß, bei Viscose-Trikot matt (Nr. 11) an 5 Stellen, bei Viscose-Satin glänzend (Nr. 12) an 1 Stelle, sonst ist der sehr feine Schabefraß weit verteilt, bei Viscose-Mattkrepp (Nr. 13) ist der Lochfraß weit verteilt, die Löcher sind hier besonders auffällig dunkel umrandet. — Die Acetat-Kunstseiden weisen vielfach erst Schabefraß und nur in geringem Umfang Lochfraß auf: Acetat-Kunstseide Trikot matt (Nr. 14) zeigt immer noch wie am Vortag erst ein einziges kleines Loch, Acetat-Kunstseide Trikot glänzend (Nr. 15) Pünktchenfraß d. h. an vielen Stellen ganz leicht angebissen, bei der Acetat-Kunstseide Satin matt (Nr. 16) ist der Schabefraß im allgemeinen fein, nur an 3 Stellen stärker, bei Acetat-Kunstseide Serge (Nr. 17) ist der Schabefraß ausgedehnt, bei Acetat-Kunstseide Satin glänzend (Nr. 18) ist der Schabefraß besonders fein und zerstreut. — Der PeCe-Stoff (Nr. 19) wurde wieder nicht befressen. — Dagegen

hat sich bei 2 Proben der Kupferkunstseiden der Fraß verstärkt. Kupferkunstseide matt (Nr. 20) weist sehr gleichmäßig verteilten Schabefraß auf, darüber hinaus an 5 Stellen, die dunkel umrandet sind (vgl. S. 114), Lochfraß. Bei Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21) hat sich der Schabefraß erweitert und ist stellenweise in Lochfraß übergegangen. Cuprama (Kupferkunstseide Nr. 22) blieb abermals ohne Fraßspur. — An Halbseide-Satin (Nr. 23) ist zwar wieder kein Fraßschaden zu erkennen, eine Stelle in 1 cm Länge ist dunkelbraun. — Vistra-Mouseline (Nr. 24) zeigt neben dem bereits am Vortag festgestellten, etwas erweiterten Kantenfraß außerdem sehr fein verteilten Schabefraß und ein kleines Loch. — Von den Baumwollstoffen blieb Nr. 25 ohne Befund, die gebleichte Baumwolle (Nr. 26) hat 2 kleine Löcher, an Baumwolle gebleicht u. merc. (Nr. 27) waren einige sehr winzige Löcher festzustellen, an 2 Rändern trat ausgedehnte Braunfärbung auf.

Bisher sind zusammenfassend folgende Proben von Fraß verschont geblieben: Woll-Diagonal, Woll-Flanell, PeCe-Gewebe, Cuprama (Kupferkunstseide), Halbseide-Satin, Baumwollstoff.

Befund nach 6 Tagen:

Stark:

1. Satin-Seide
2. Tussah-Seide
3. Rohseide
7. Viscose-Trikot
8. Viscose-Stoff
9. Viscose-Krepp
10. Viscose-Taffet
11. Viscose-Trikot matt
12. Viscose-Satin glänzend
13. Viscose-Mattkrepp
14. Acetat-Kunstseide Trikot matt
15. Acetat-Kunstseide Trikot glänzend
16. Acetat-Kunstseide Satin matt
17. Acetat-Kunstseide Serge
20. Kupfer-Kunstseide matt
21. Kupfer-Kunstseide glänz.
24. Vistra-Mouseline
27. Baumwolle gebleicht und merc.

Schwach:

4. Woll-Diagonal
5. Woll-Kaschmir
18. Acetat-Kunstseide Satin glänzend
26. Baumwolle gebleicht

Nicht befressen:

6. Woll-Flanell
19. PeCe-Stoff
22. Cuprama (Kupferkunstseide)
23. Halbseide-Satin
25. Baumwolle

Am 21. März 1943 hatten die Zerstörungen an den von Anfang an befressenen Stoffproben weiterhin erheblich zugenommen, während die bisher ganz oder fast ganz unangetastet gebliebenen Prüflinge auch jetzt noch bemerkenswert widerstandsfähig waren. Bei Satin-Seide (Nr. 1) ist der feine Schabefraß an einer Stelle in Lochfraß übergegangen. Tussah-Seide (Nr. 2) weist bereits an 9 Stellen Lochfraß auf, Rohseide (Nr. 3) an 4 Stellen Lochfraß, daneben zerstreuten Fraß. — Bei Woll-Diagonal (Nr. 4) ist nur gegen das Licht ein kaum sichtbarer Fraß festzustellen, bei Woll-Kaschmir (Nr. 5) leichter Randfraß, während Woll-Flanell (Nr. 6) wieder ohne Befund geblieben ist. — Viscose-Trikot (Nr. 7) hat bereits an 9 Stellen Lochfraß, zum Teil sogar starken erlitten. Bei Viscose-Stoff (Nr. 8) waren

9 Löcher, teils größeren Durchmessers, dazu Randteilfraß festzustellen. Viscose-Krepp (Nr. 9) zeigte an 5 Stellen Lochfraß, Viscose-Taffet (Nr. 10) an 16 Stellen Lochfraß, dazu Rand- und Teilfraß, also bereits sehr erhebliche Schäden im Vergleich zu anderen Proben. Viscose-Trikot matt (Nr. 11) hatte 8 Löcher, dazu Rand- und Teilfraß. Viscose-Satin

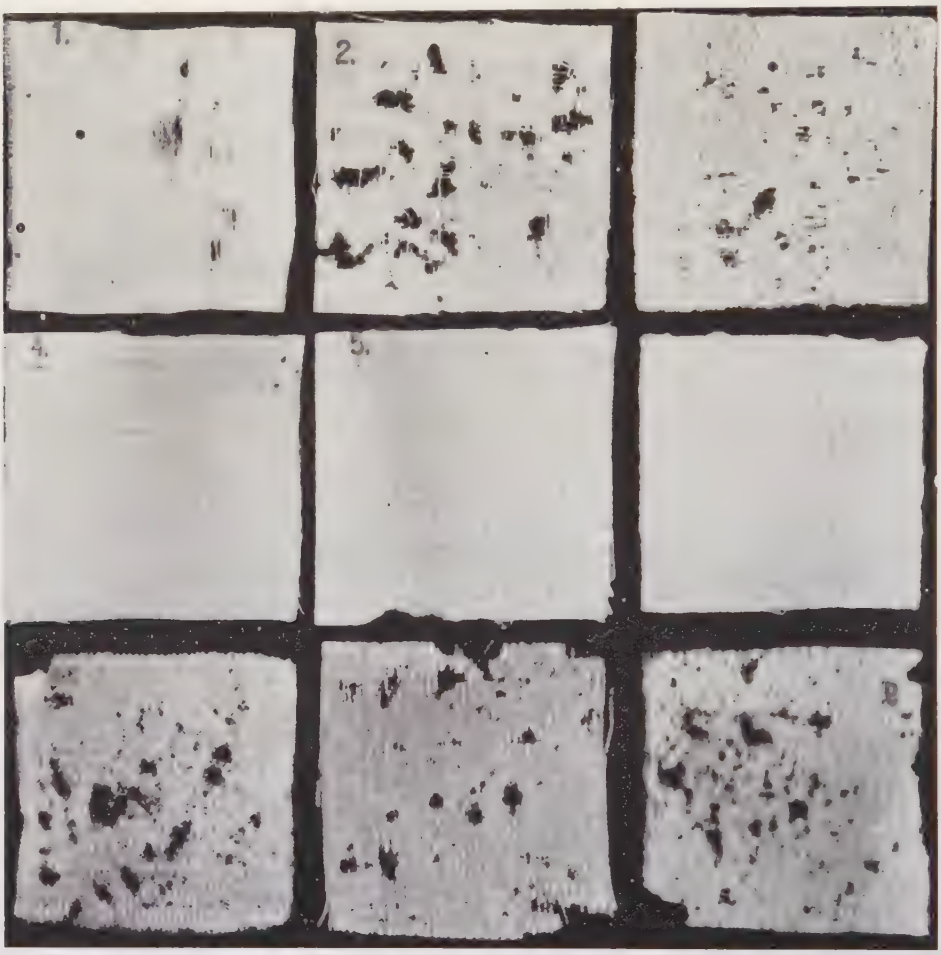


Abb. 1. Fraß von je 20 Altlarven der Termite *Calotermes flavicollis* an unbehandelten fabrikneuen Stoffproben bei 99% rel. Luftfeuchtigkeit und 27° C. 1. Satin-Seide Schabe- und Lochfraß. 2. Tussah-Seide starker Loch- und Schabefraß. 3. Rohseide Loch- und Schabefraß. 4. Woll-Diagonal nur bei durchscheinendem Licht unbedeutender Fraß erkenntlich. 5. Woll-Kaschmir Randfraß. 6. Woll-Flanell unbedeutender Randfraß. 7. Viskose-Trikot starker Lochfraß und Teilfraß. 8. Viskose-Stoff starker Loch- und Teilfraß. 9. Viskose-Krepp starker Loch- und Teilfraß

glänzend (Nr. 12) zeigt ähnlich wie bei der letzten Kontrolle feinen Schabefraß, der von einer Stelle in Lochfraß übergeht. Viscose-Mattkrepp (Nr. 13) weist an drei Stellen gleichmäßig in die Länge gezogene Löcher auf. — Die Acetat-Kunstseide Trikot matt (Nr. 14) hat an drei Stellen Lochfraß und an einer Stelle Randfraß erlitten. Auch an Acetat-

Kunstseide Trikot glänzend (Nr. 15) ist der Schabefraß in Lochfraß übergegangen, und zwar an 8 Stellen. Acetat-Kunstseide Satin matt (Nr. 16) hat an 2 Stellen Lochfraß, dazu Schabefraß. Acetat-Kunstseide Serge (Nr. 17) zeigt an 4 Stellen Lochfraß und im übrigen feinen Schabefraß. Bei Acetat-Kunstseide Satin glänzend (Nr. 18) ist der Schabefraß immer noch besonders fein und zerstreut. — Der PeCe-Stoff (Nr. 19) ist wieder ohne Schaden geblieben. — Kupferkunstseide matt (Nr. 20) hat bereits an 7 Stellen Lochfraß, sonst tiefen Schabefraß. Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21) zeigt an 5 Stellen Lochfraß und ebenfalls tiefen Schabefraß, der in viele kleine Löcher übergeht. Cuprama (Kupferkunstseide Nr. 22) blieb neuerdings verschont. — Auch Halbseide-Satin (Nr. 23) ist, von dunkelbraunen Stellen abgesehen, wieder unbeschädigt geblieben. — Vistra-Mouseline (Nr. 24) hat zu den früheren Beschädigungen ein neues Fraßloch erhalten. — Baumwolle (Nr. 25) weist noch immer keine Fraßstelle auf. Baumwolle gebleicht (Nr. 26) hat zu der bereits früher festgestellten Beschädigung von 2 sehr kleinen Löchern keinen neuen Fraß erlitten. Baumwolle gebleicht u. merc. (Nr. 27) weist zu den früheren sehr leichten Schäden an einer Stelle Lochfraß, sonst schwachen Schabefraß auf. —

Das Ergebnis einer 14tägigen Einwirkung der Termiten ist an den Fraßproben in den Abb. 1, 2 und 3 erkenntlich. Das in Nr. 2 der Abb. 1 dargestellte Fraßstück der Tussah-Seide weist von den Seidenstoffen die stärksten Beschädigungen auf, und zwar starken Lochfraß und Schabefraß. Die in Nr. 3 dargestellte Rohseide zeigt zwar auch Lochfraß und Schabefraß, aber nicht so stark wie die Tussah-Seide. Am wenigsten hat die Satin-Seide (Nr. 1) gelitten. Die Schabestellen verlaufen quer zur Längsfaserung des Stoffes. Als Standardprüfstoff für Seiden käme nach dem Befund des Termitenfraßes die Tussah-Seide in Frage. Die verhältnismäßig starke Beschädigung der Seidenstoffe ist auffällig. In früheren Versuchen konnte ich feststellen, daß in bedeutend längeren, vier Monate unter sonst gleichen Bedingungen andauernden Prüfungen Seidenspinnerkokons von derselben Termitenart nicht merklich angegriffen wurden.

Eine weitere Gruppe besteht aus Wollstoffen. Alle diese Wollstoffe zeigen eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gegen die Termiten. Der Fraß war entweder kaum wahrnehmbar oder nur vom Rande her in geringer Ausdehnung erfolgt. Woll-Kaschmir (Nr. 5) zeigt den verhältnismäßig stärksten Randfraß und käme somit als Standard-Wollprüfstoff für Imprägniermittel in Frage. In Versuchen mit Rohschafwolle konnten die Termiten bei vier Monate langer Einwirkung keinen merklichen Schaden anrichten. Die Geschmacksrichtung der Termiten steht somit im Gegensatz zu Kleidermotten, Wollkrautblütenkäfern und Teppichkäfern. Denn die Wollstoffe sind gerade für diese Keratinfresser die gegebene Nahrung.

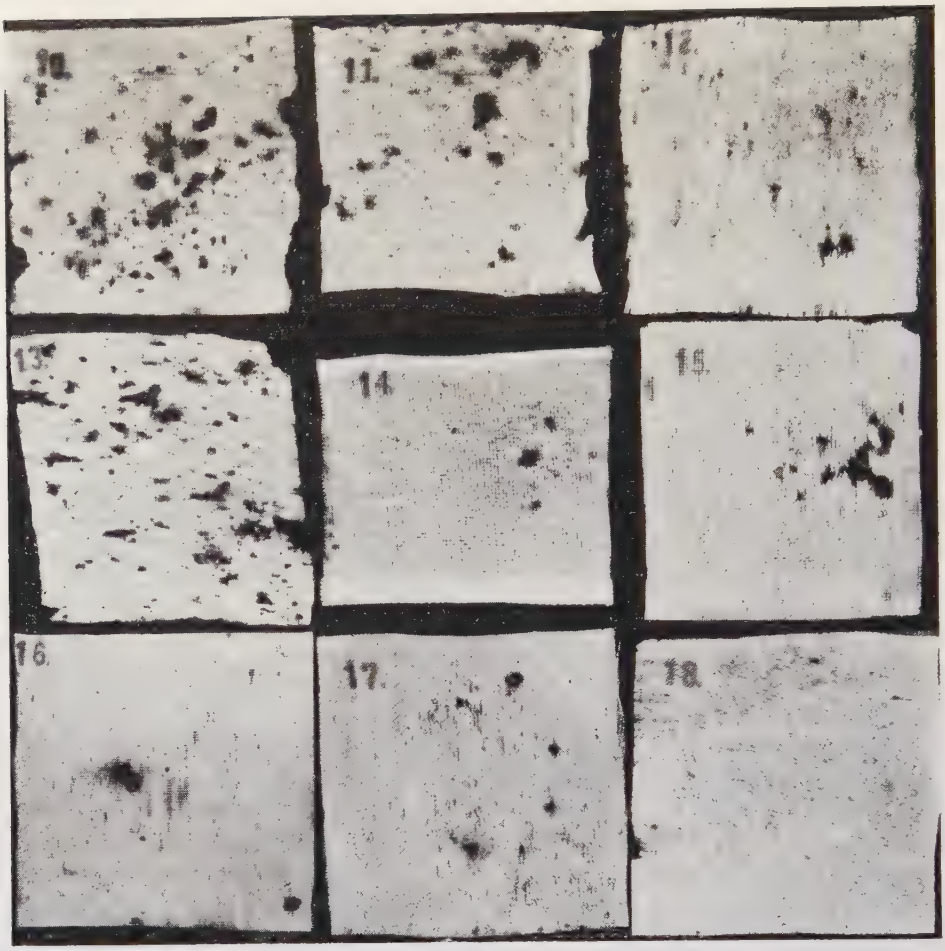


Abb. 2. Fortsetzung zu Abb. 1; 10. Viskose-Taffet starker Loch- und Teilfraß. 11. Viskose-Trikot matt, starker Loch- und Teilfraß. 12. Viskose-Satin glänzend, sehr fein verteilter Schabefraß, an einer Stelle in Lochfraß übergehend. 13. Viskose-Mattkrepp starker Loch- und Teilfraß. 14. Acetatkunstseide-Trikot matt, sehr feiner Schabefraß, von drei Stellen in Lochfraß übergehend, Randfraß. 15. Acetatkunstseide-Trikot glänzend, Lochfraß und Teilfraß, jedoch nicht sehr verteilt. 16. Acetatkunstseide-Satin matt, sehr fein verteilter Schabefraß, zwei Stellen Lochfraß. 17. Acetatkunstseide-Serge sehr feiner Schabefraß, vier Stellen Lochfraß. 18. Acetatkunstseide-Satin glänzend, sehr feiner verteilter Schabefraß, Randfraß

Die Viscose-Stoffe weisen besonders starke Beschädigungen auf (vgl. Abb. 1 und 2, Nr. 7—13). Die meisten Proben zeigen starken Lochfraß, der teilweise sogar in größere Flächen umfassenden Teilfraß übergeht. Nur an Viscose-Satin glänzend (Nr. 12) ist die Probe weniger von Fraß durchlöchert, dafür ist hier der Schabefraß um so ausgedehnter. Immerhin kann das Überwiegen des Schabefraßes, vor allem, wenn der Versuch sehr lange dauert, das Zeichen einer gewissen, wenn auch bei weitem nicht hinreichenden Widerstandsfähigkeit sein. Vgl. Abb. 18 und Abb. 20 in meiner Arbeit 1942 b. —

Die Acetat-Kunstseide ist im Durchschnitt viel weniger befressen als die Viscose-Stoffe. Zwar muß auch hier Lochfraß und Schabefraß verzeichnet werden, doch durchschnittlich nicht in der Ausdehnung wie bei den Viscose-Stoffen. Die geringsten Beschädigungen weist die Acetat-Kunstseide Satin glänzend auf; hier ist, von einem geringfügigen Randfraß abgesehen, nur fein verteilter Schabefraß festzustellen. Als Standardprüfstoff für Acetat-Kunstseiden kommt Acetat-Kunstseide Trikot glänzend in Frage.

Der PeCe-Stoff blieb während der 14 Prüftage ganz vom Fraß verschont. Das PeCe-Gewebe muß zufolge der Besonderheit seiner Zusammensetzung an anderer Stelle (vgl. S. 129) besprochen werden.

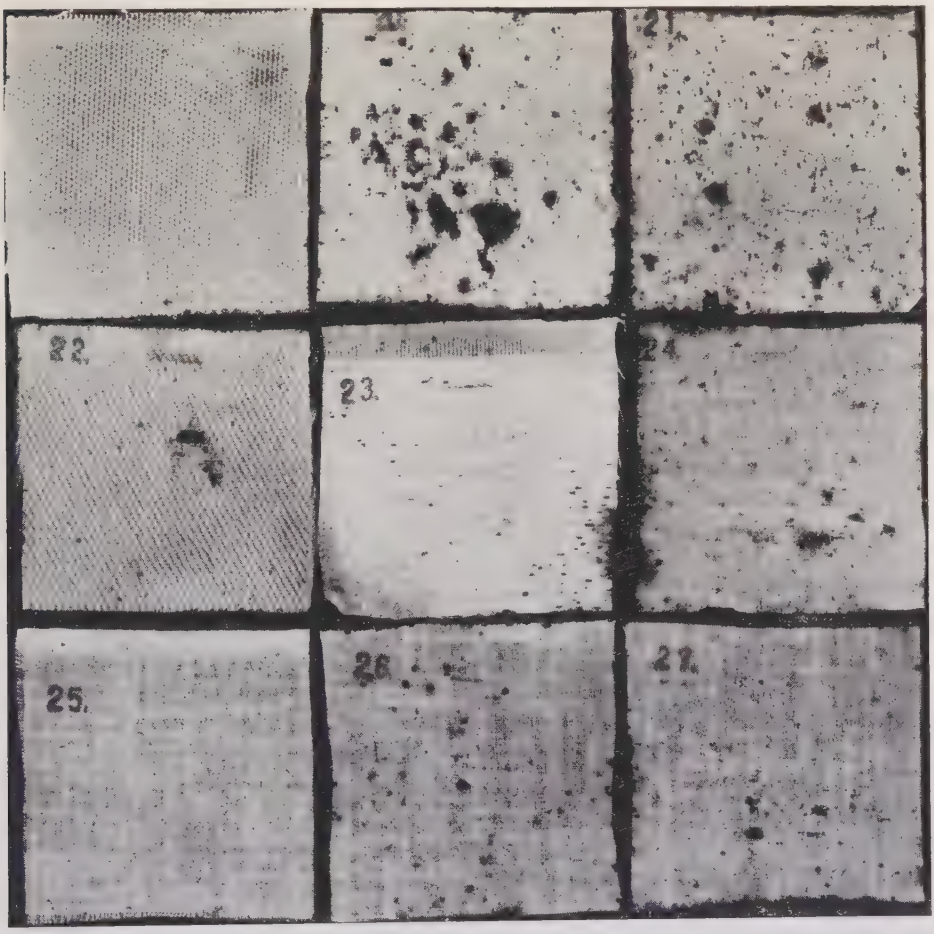


Abb. 3. Fortsetzung zu Abb. 2; 19. PeCe-Stoff ohne Befund (vgl. jedoch Abb. 19). 20. Kupferkunstseide matt, starker Lochfraß und Teilfraß. 21. Kupferkunstseide glänzend, sehr fein und weitverteilter Schabefraß, an mehreren Stellen in Lochfraß übergehend. 22. Cuprama (Kupferkunstseide) Schabefraß, in Lochfraß übergehend. 23. Halbseide-Satin geringfügige Fraßstellen. 24. Vistra-Mouseline Schabefraß, an wenigen Stellen in Lochfraß übergehend. 25. Baumwolle ohne Befund. 26. Baumwolle gebleicht, Schabefraß, an einigen Stellen Lochfraß. 27. Baumwolle gebleicht und merc. Lochfraß in geringem Umfange

Die Kupferkunstseiden sind zum Teil ebenso sehr empfindlich wie die Viscose-Stoffe, besonders starke Beschädigungen weisen Kupferkunstseide matt (Nr. 20) und Kupferkunstseide glänzend (Nr. 21) auf, während Cuprama (Kupferkunstseide, Nr. 22) in weitem Umfang unangegriffen blieb und nur nach vorausgegangenem Schabefraß Löcher entstanden sind. Als stärkstbefressene Probe würde sich Kupferkunstseide matt (Nr. 20) für die Prüfung von Imprägniermitteln eignen.

Halbseide-Satin hat an sich nur geringfügige Fraßstellen aufzuweisen. Da nur eine Probe von dieser Stoffkategorie vorgelegen hat, kann kein weiterer Schluß gezogen werden, als daß Halbseide unter Umständen besonders widerstandsfähig sein kann, ohne deshalb als termitenfest zu gelten. Es verdient festgehalten zu werden, daß fast sämtliche untersuchten Satin-Proben wie Nr. 1 Satin-Seide, Nr. 12 Viscose-Satin glänzend, Nr. 18 Acetat-Kunstseide Satin glänzend (nicht so sehr Nr. 16 Acetat-Kunstseide Satin matt) im Rahmen ihrer Stoffkategorie eine verhältnismäßig große Widerstandsfähigkeit an den Tag legen. Es zeigt sich hier wieder, daß nicht allein die Rohsubstanz, sondern auch die Art der Verarbeitung und Zutaten die Widerstandsfähigkeit gegen Insektenfraß fördern können.

Von Vistra-Stoffen ist ebenfalls nur eine einzige Probe, und zwar in Form von Vistra-Mouseline untersucht worden. Diese Probe hat der Termiteneinwirkung nicht standgehalten.

Die Baumwollstoffe sind, wenigstens zu Beginn der Prüfung, besonders widerstandsfähig. Später erleiden Nr. 26 Baumwolle gebleicht sowie Baumwolle gebleicht u. merc. Lochfraß. Es entzieht sich meiner Kenntnis, welche Zutaten bei der Nachbehandlung der Baumwolle, also z. B. bei der Bleichung gebraucht worden sind. Daher kann auch nur bedingt darauf hingewiesen werden, daß möglicherweise die im Versuch zutage getretene größere Resistenz der nicht behandelten Baumwollprobe nachträglich durch Bleichung gelitten hat. Zur Klärung dieser Frage, die auch für andere Stoffqualitäten von allgemeiner Bedeutung ist, müßten besondere Versuche auf breiterer Grundlage angesetzt werden.

Zusammenfassung: Die Notwendigkeit der Festlegung von Standardprüfstoffen ergibt sich von selbst aus dem sehr verschiedenen Widerstand der einzelnen unbehandelten Stoffproben. Zu den im Versuch sehr resistenten Proben gehören Wollstoffe und PeCe-Gewebe. Aber auch in der gleichen Gruppe ergeben sich je nach Art der Verarbeitung auffällige Abstufungen der Festigkeit. So ist z. B. Satinseide etwas widerstandsfähiger gegenüber den anderen Seiden. Unter den durchschnittlich besonders empfindlichen Viscose-Stoffen zeichnet sich Viscose-Satin als verhältnismäßig wenig befressen aus. Von den Acetat-Kunstseiden hat Acetat-

Satin glänzend am besten standgehalten. Bei den Kupferkunstseiden hat, vor allem was die zeitliche Folge der Angreifbarkeit anbelangt, Cuprama am besten abgeschnitten. So tragen diese Untersuchungen nicht nur dazu bei, geeignete Standardprüfstoffe zu finden. Zugleich ergeben sich bei genauer Kenntnis des verwendeten Rohmaterials, der Zutaten sowie des Verarbeitungs- und Nachbehandlungsvorganges Anhaltspunkte einerseits zur Ausnutzung von Faktoren, die ohne besonderen Aufwand zu verursachen, im Sinne einer Schadenverhütung wirken und andererseits zur Vermeidung von Zutaten, die durch Begünstigung des Termitenfraßes eine Wertminderung bedeuten können. Unter dem Gesichtspunkte der Resistenzsteigerung verdienen die Satin-Ausfertigungen eine genaue Untersuchung auf Gehalt an konservierenden Substanzen, während bei anderen Proben, z. B. bei Baumwolle gebleicht sowie bei Baumwolle gebleicht und merc. infolge des Absinkens ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Baumwolle natur, nach Substanzen zu suchen wäre, die sekundär eine im Ausgangsmaterial vorhandene Festigkeit beeinträchtigen. In diesem Zusammenhange sei noch einmal auf den Unterschied der geringeren Widerstandsfähigkeit von Seidenstoffen gegenüber dem Seidenspinnerkokon hingewiesen. Hierbei läßt sich an eine die Resistenz nachteilig beeinflussende Zutatenwirkung der Stoffe oder an eine bei der Seidengewinnung bzw. im Herstellungsprozeß erfolgte Denaturierung der Wirkstoffe denken, die dem Seidenspinnerkokon seine größere Widerstandsfähigkeit verleihen. Auch Besonderheiten der Struktur können mit von Bedeutung sein, z. B. ist Glätte hinderlich für die Fraßtätigkeit. Vielleicht ist gerade dieser Faktor mit von Einfluß auf die relative Widerstandsfähigkeit der Satin-Ausfertigungen. Durch Kombination geeigneten Rohmaterials mit zweckmäßiger Verarbeitung, Ausfertigung und Nachbehandlung lassen sich vermutlich Stoffe zusammenstellen, die zufolge ihrer „natürlichen" Widerstandsfähigkeit speziell für Tropenbedarf geeignet sind und mit Unterstützung eines guten Imprägniermittels viel leichter termitenfest gemacht werden können, als irgendwelche beliebig herausgegriffene Stoffe. Steigerung der Termitenfestigkeit ist um so notwendiger, als nach den bisherigen Erfahrungen selbst unsere besten Wollschutzmittel, wie die Eulane der I. G. Farbenindustrie A.-G., den empfindlicheren Stoffen keine hinreichende Termitenfestigkeit verleihen. Die Termiten sind viel wirkungsvollere Nutznießer der Textilien als die Keratinfresser, obwohl auch hier Unterschiede bestehen, indem die Stoffe, z. B. gegen *Anthrenus*-Arten eine stärkere Imprägnierung verlangen als gegen Kleidermotten. Bei den Termitenmittelprüfungen hat nun ein Imprägniermittel (vgl. S. 131) so gut abgeschnitten, daß bei Verwendung von Tropenstoffen mit den oben vorgeschlagenen Eigenschaften eine absolute Termitenfestigkeit zu erzielen sein dürfte. Die Ergebnisse in Verbindung mit dem bisherigen unbehandelt leicht angreifbaren Trägerstoff sind bereits, selbst nach mehr-

facher Wäsche so befriedigend verlaufen, daß sich eine weitere Ausarbeitung sicher lohnt.

III. Widerstandsunterschiede fabrikneuer und gebrauchter Textilien

Die Schadenverhütung muß bei Textilien von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehen als bei sonstigen Vorräten. Viele lagernde Materialien sind durchschnittlich aus leicht ersichtlichen Gründen mehr von Insektenfraß bedroht als im Einsatz stehende. Von den im Haushalt gebräuchlichen Textilien befindet sich nun der Hauptteil im lagernden Zustand. Die Notwendigkeit des saisonbedingten Lagerns bringt es mit sich, daß die Textilien nicht in einem Zuge verbraucht werden. Sie müssen vielmehr wiederholt in gebrauchtem Zustande gelagert werden. Bei vielen Textilien bedeutet nun Gebrauch Abnützung des ursprünglichen fabrikneuen Zustandes, verbunden mit Beschmutzung, anschließend Wäsche, Trocknen, Bügeln usw. Mit diesen Vorgängen ist jedesmal die Gefahr einer nachteiligen Zustandsänderung des die Termitenfestigkeit bedingenden Imprägniermittels bzw. die Möglichkeit strukturlicher Änderung termitenfester synthetischer Fasern verbunden. Daher darf sich die Prüfung nicht allein auf den fabrikneuen Zustand beschränken. Vielmehr sind alle Möglichkeiten des Nachlassens der Termitenfestigkeit beim Gebrauch in den Prüfgang einzubeziehen. Hierher gehört zunächst die Einwirkung feuchtwarmer Luft bei Tropenstoffen, der Einfluß von Regenwasser, ferner von Beschmutzung und Wäsche.

Zur Prüfung des Einflusses von feuchtwarmer Luft wurden imprägnierte Stoffproben (über Imprägnierung vgl. S. 115) vom 10. bis 25. Februar 1943 in einem Thermohygrostaten (Modell in Arbeit 1943 a, S. 19) der Einwirkung von 99 % relativer Luftfeuchtigkeit und 35 °C ausgesetzt. Dieser Versuch sollte zugleich klarstellen, inwieweit sich durch künstliche Klimatisierung der Prüflinge bei Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen, die oberhalb des natürlichen Bereiches liegen, die Einwirkungszeit zwecks schnellerer Erzielung der Ergebnisse abkürzen läßt. Ganz einwandfreie Versuche, in denen etwa 20—30 Jahre lang die genau der Natur entsprechenden, in Tages- und Jahreszeit stets wechselnden Bedingungen der Tropen geboten werden, lassen sich mit den derzeitigen Mitteln nicht durchführen, abgesehen davon, daß die Imprägniermittel nach so langer Versuchsdauer längst durch weiter entwickelte überholt wären. Es bleibt also nur der Weg eines abgekürzten Verfahrens. Ob die gebotene Temperaturfeuchtigkeitskombination tatsächlich die zweckmäßigste ist, muß sich noch durch mehrfache praktische Erfahrung bestätigen. Zunächst steht fest, daß die Einwirkung der auf Grund von Überlegungen gewählten Klimakombination auch auf die bisher besten Imprägniermittel eine verhältnismäßig tiefgreifende ist. Serienversuche künstlicher Klimatisierung bei den verschiedensten Kombinationen von Temperaturstufen konnten noch nicht

durchgeführt werden, da der hierfür benötigte Brückenthermostat erst jetzt lieferbar ist. In dieser Arbeit kommt es jedoch darauf an, zunächst das Prinzip des Einflusses tropischer Klimaverhältnisse an Beispielen zu erhärten.

Der Einfluß von Wasser auf die Beibehaltung der Termitenfestigkeit verfolgt das Ziel, zu prüfen, inwieweit ein Imprägniermittel an Wirkung verliert, wenn der getragene Stoff mehrfach dem Regen ausgesetzt ist. Zu diesem Zweck wurden die Prüflinge bei konstant 25 ° C vom 10.—25. Februar 1943 in destilliertem Wasser aufbewahrt. Dieses reichlich in Überschuß gebotene Wasser (Erlenmeyer-Kolben, 225 ccm, für etwa 10 gleichartig behandelte Stoffproben von rund 5 × 5 cm) wurde jeden fünften Tag erneuert. Nach Abschluß dieser Behandlung werden die Stoffproben zum Trocknen locker auf Filtrierpapier aufgelegt. Die gut trockenen Stücke werden gebügelt und im Bedarfsfalle an den Kanten glatt geschnitten um eventuell auftretenden Randfraß feststellen zu können. Auch dieses Verfahren kann entsprechend dem Bestreben, die Versuchszeit nach Möglichkeit abzukürzen, nicht die natürlichen Verhältnisse wiedergeben. Es kommt auch nicht darauf an, die Stoffproben in den Tropen selbst dem natürlichen Regen auszusetzen. Wesentlich ist vielmehr zu entscheiden, ob unter annähernd gleichwertigen und vergleichbaren Bedingungen Veränderungen in der Termitenfestigkeit der Prüflinge auftreten. Und das ist nach dem Versuchsergebnis trotz der kurzen Einwirkungsdauer der Fall gewesen. Man könnte nun einwenden, daß diese Methode der Vorprüfung zu streng sei. Wenn aber in Betracht gezogen wird, daß die getragenen Stoffe öfter langdauernden Regenfällen ausgesetzt sein können, so scheint das beschriebene Verfahren doch angemessen zu sein.

Die Beschmutzung von Stoffen kann den Befall durch Schädlinge fördern. So zeigt die Erfahrung, daß Stoffe an verschwitzten Stellen besonders stark von Kleidermotten befallen werden. Es ist anzunehmen, daß beschmutzte Stoffe einen höheren Gehalt an Nährstoffen aufweisen. Man kann nun z. B. Wolle durch Zugabe von Diastase so nahrhaft für Kleidermotten gestalten, daß sich bei normaler Zimmertemperatur 10 Generationen im Jahr züchten lassen (vgl. GÖSSWALD, 1937). Auch bei anderen Insekten, die unter natürlichen Verhältnissen nährstoffarme Nahrung zu sich nehmen, läßt sich — im Gegensatz etwa zu blattgrünfressenden Raupen mit kurzer Entwicklungsdauer — durch Zugabe von Diastase und anderen Verdauungsfermenten eine erhebliche Entwicklungsbeschleunigung herbeiführen. So hatten z. B. Hausbocklarven, die als Eilarven in Diastaseholz gesetzt worden waren, nach annähernd einem Jahr ein Gewicht von 450—540 mg, während die Kontrolltiere im gleichen unbehandelten Holz erst 1,5—2,4 mg wogen (vgl. GÖSSWALD, 1936). Auch zur Zucht von Termiten wurden mit Diastase gute Erfolge erzielt (GÖSSWALD, 1943 b). Mittels chemischer Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß gerade Hausbocklarven und Termiten einen sehr hohen Gehalt an Diastase besitzen, und zwar

auch die Tiere, die nie mit Diastase gefüttert worden waren. Dagegen sind bei anderen untersuchten Insekten, die sich durch Zugabe von Diastase wegen ihrer an sich nährstoffreichen Nahrung in der Entwicklungsdauer nicht beeinflussen lassen, keine oder nur geringfügige Spuren von Diastase nachweisbar. Da nur die Textilienschädlinge zu den mit Diastase beeinflußbaren Insekten gehören, war es naheliegend, auf diesen Wirkstoff zu dem Zwecke einer künstlichen Beschmutzung bzw. Nährstoffanreicherung zurückzugreifen. Eine unmittelbare Beeinflussung des Imprägniermittels durch Diastase ist nicht wahrscheinlich und wäre auch nicht erwünscht. Das Ziel ist vielmehr festzustellen, ob die im fabrikneuen Zustande bewährte Imprägnierung auch nach Beschmutzung, die gleichbedeutend sein kann mit Nährstoffanreicherung, jede Schadwirkung der Termiten hindert. In gleicher Weise läßt sich prüfen, ob vollsynthetische Faserstoffe auch noch nach Beschmutzung den Angriffen von Termiten standhalten. Die zusätzliche Prüfung der Textilien nach Einwirkung von Nährsubstraten ist nicht nur wegen der Kontrolle von Beschmutzungsvorgängen, sondern auch wegen der im Stoffverarbeitungsprozeß selbst gebotenen Zutaten erforderlich. So bedeutet z. B. die Anreicherung des Stoffes mit Stärke bei dem Vorgange der Appretur für die Termiten eine Nahrhaftmachung, unter deren Einfluß die abstoßende Wirkung des Imprägniermittels bzw. der Schutz der vollsynthetischen Faser verloren gehen kann. Als dritter Gund kommt hinzu, daß die Termiten selbst den Stoff durch Tränkung mit einem Speichelsekret aufschließen könnten, wenn nicht auch diese Wirkung im Prüfgang in Betracht gezogen worden ist. Aus dem Schadbild geht nicht immer deutlich hervor, ob die Dunkelfärbung bestimmter Stellen des Stoffes, von denen die Beschädigungen oft ihren Ausgang nehmen (vgl. z. B. Abb. 3, Bild 23 rechts u. a.) nur Speicheleinwirkungen darstellen. Sicher ist jedoch, daß der Fraß vielfach von hier um sich greift, nachdem der Prüfling wochenlang den Termiten standgehalten hat. — Die künstliche Beschmutzung wurde nun auf folgende Weise erzielt: In einer Aufschwemmung von 1 Teil Diastase (Schering) auf 20 Teile Wasser wurden die Stoffproben bei 25 ° C wie beim Wässern vorbehandelt (vgl. oben). Um eine Zersetzung der Flüssigkeit als Folge der Bakterien oder Pilze zu vermeiden, gibt man eine Spur Cumarin zu. Die Einwirkungszeit dauerte in dem nachstehend beschriebenen Versuch vom 10.—25. Februar 1943. Gegenüber den fabrikneuen, nicht mit Diastase behandelten Stoffproben waren deutliche Unterschiede in der Fraßtätigkeit der Termiten zu erkennen, die dem Einfluß natürlicher Verschmutzungsvorgänge entsprechen dürften.

An Hand von Beispielen sei nun die Wirkung von Imprägniermitteln an fabrikneuen und gebrauchten Stoffproben verglichen. Zur Beurteilung des Befundes muß vorausgeschickt werden, daß für die untersuchten Stoffe laut Mitteilung der auftraggebenden Firma eine scharfe Tragechtheitsprüfung wegen der besonders lockeren Beschaffenheit des Gewebes

nicht in Frage kam. Einer praktischen Verwendung steht also die Tatsache, daß die Termitenfestigkeit im gebrauchten Zustande gegenüber dem fabrikneuen Zustand nachgelassen hat, nichts im Wege. Es sollte nur an einem guten Imprägniermittel die Methode der Tragechtheitsprüfung dargelegt werden. Ferner ist hervorzuheben, daß dieser Versuch nicht mit der unter Abschnitt II beschriebenen Auslese von Standardprüfstoffen vergleichbar ist. Denn erstens ist die Versuchsdauer und zweitens auch teilweise die Bestückung mit Versuchstieren entsprechend der Zielsetzung ganz verschieden.

Zur Imprägnierung wurde Eulan NKF extra und neuere Mittel verwendet. Drei verschieden leicht angreifbare Stoffarten dienten zur Aufnahme des Imprägnierungsmittels: Moskito-Tüll mit der Bezeichnung I (Kupferseide-Tüll) ferner Stoffprobe II (Viscose-Voile) und Probe III (Acetat-Seidenmarkisett). Im einzelnen wurde die Imprägnierung etwas variiert: a bedeutet Behandlung mit Eulan NKF extra, b = Eulan NKF extra + Tylose SAP 1000, d = Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion), e = wie d + Tylose SAP 1000, f ist die unbehandelte Kontrolle.

Zunächst sei die Tätigkeit der Termiten an den unbehandelten Kontrollen dargelegt. Die Prüflinge sind mit je 20 Altlarven der Art *Calotermes flavicollis* bestückt. Schwach gewordene oder tote Versuchstiere werden bei der täglichen Kontrolle sofort durch gesunde ergänzt, so daß während der ganzen Prüfdauer die volle Zahl von Versuchstieren auf das Versuchsobjekt einwirken kann. Wie in allen anderen in dieser Arbeit erwähnten Versuchen wird die Prüfung auf Termitenfestigkeit bei konstant 27° C und 98—99% relativer Luftfeuchtigkeit im Fraßzwangversuch durchgeführt. Die im folgenden zu besprechende Prüfung der Stoffe im fabrikneuen Zustand dauerte zunächst vom 25. Januar 1943 bis 10. März 1943. Einige Proben, die während dieser Zeit den Angriffen der Termiten standgehalten hatten, wurden bis zum 11. August 1943 weiter geprüft. Die Gebrauchsechtheitsprüfung, d. h. die Untersuchung der Resistenz des Imprägniermittels nach Aufenthalt in feuchtwarmer Luft, in Wasser und nach künstlicher Beschmutzung erstreckte sich vom 6.—27. März 1943. Diese Prüfung ist auf kurze Dauer begrenzt, da schon sehr bald graduelle Unterschiede im Vergleich zum fabrikneuen Stoff zutage traten. Die Besonderheiten der Prüfdauer in den einzelnen Versuchen sind bei der Beurteilung zu berücksichtigen.

In Abb. 4 sind drei Kupferseide-Tüll-Stücke (I f) zusammengestellt, also nicht imprägnierte Proben. Links ist starker Totalfraß bei einer fabrikneuen Probe nach Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943 zu sehen. Es zeigt sich also, daß das Material in unbehandeltem Zustande verhältnismäßig leicht von den Termiten angegriffen wird. Auch bei der Feststellung von Resistenzunterschieden nicht imprägnierter Stoffproben haben sich die wohl ähnlich zusammengesetzten Kupferkunstseiden als durchschnittlich leicht angreifbar er-

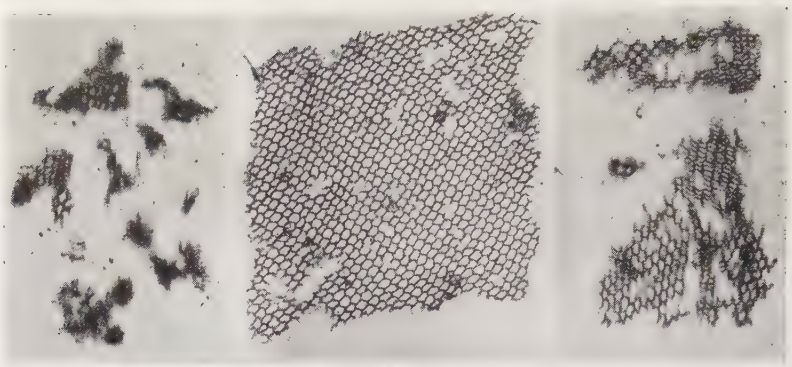


Abb. 4. Unbehandelte Stoffprobe I f als Kontrolle; links fabrikneu, vom 25. I. bis 27. III. 1943 in Prüfung: in der Mitte nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99 % rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; rechts nach gleich langer Einwirkung von Aqua dest. und 25° C ebenso lang in Prüfung

wiesen (vgl. S. 110). Die in der Mitte befindliche Probe I f war zunächst vom 10.—25. Februar 1943 der Einwirkung von 35° C und 98—99 % relativer Luftfeuchtigkeit ausgesetzt und anschließend vom 6. bis 27. März mit Termiten bestückt worden. Diese Probe unterscheidet sich nicht viel von dem im Bild nicht dargestellten Aussehen des fabrikneuen Fraßstücks nach gleicher Versuchsdauer. Dagegen ist bei der rechts dargestellten vom 10.—25. Februar 1943 bei 25° C in Wasser vorbehandelten Probe in der Zeit vom 6.—27. März 1943 sehr starker Totalfraß aufgetreten. Bereits bei dem nicht mit dem Termitenmittel impräg-

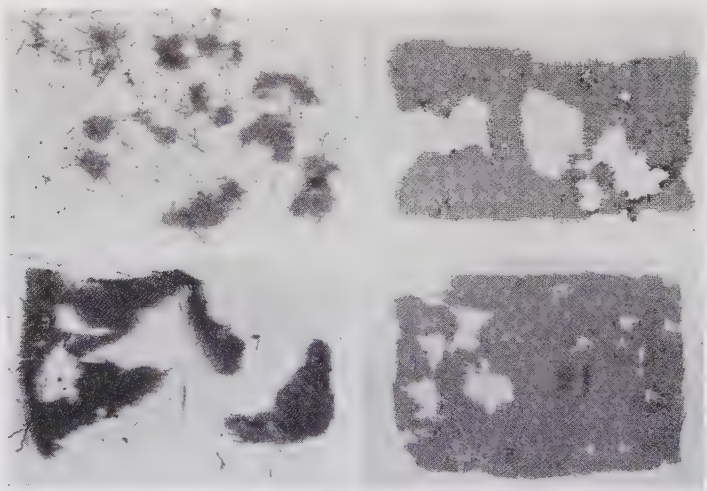


Abb. 5. Unbehandelte Stoffprobe II f als Kontrolle; links oben fabrikneu, vom 25. I. bis 27. III. 1943 in Prüfung; rechts davon nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99 % rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; untere Reihe links nach gleich langer Einwirkung von Aqua dest. und bei 25° C, ebenso lang in Prüfung; rechts unten nach entsprechend langem Aufenthalt in Diastase-Aufschwemmung in 25° C gleich lang in Prüfung

nierten Material sind, wie zu erwarten war, Unterschiede je nach Vorbehandlung aufgetreten. Die vom 10.—25. Februar bei 25° C in Diastaseaufschwemmung künstlich beschmutzte Probe ist nach der gleichen Versuchsdauer vom 6.—27. März 1943 ähnlich stark zerfressen gewesen wie das in Wasser vorbehandelte Stück.

Abb. 5 bezieht sich auf nicht imprägnierten Viscose-Voile (II f). Hier ist links oben das Ergebnis der Prüfung des unbehandelten Stückes im fabrikneuen Zustand dargestellt. Nach Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943 war der Stoff fast ganz verbraucht. Auch dieses Material hat sich also in Übereinstimmung mit den vergleichenden Prüfungen der anderen nicht imprägnierten Stoffproben, in denen die Viscose-Stoffe besonders starke Beschädigungen aufweisen, als sehr wenig widerstandsfähig erwiesen. In der oberen Reihe rechts ist ein Fraßstück gleicher Qualität dargestellt, das nach der üblichen Einwirkung von

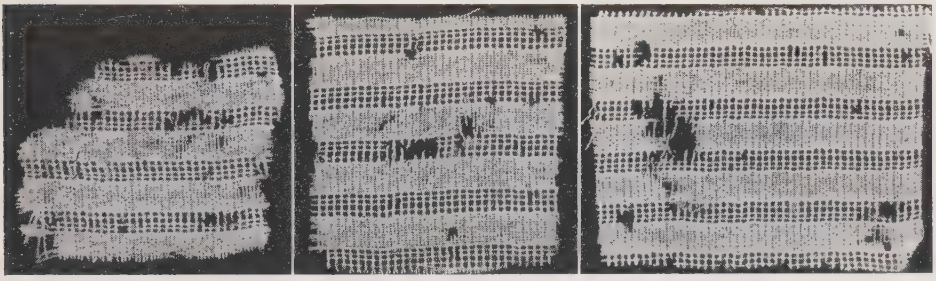


Abb. 6. Unbehandelte Stoffprobe III f als Kontrolle; links fabrikneu, vom 25. I. bis 27. III. 1943 in Prüfung; in der Mitte nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; rechts nach gleich langer Einwirkung von Aqua dest. und 25° C ebenso lang in Prüfung

35° C und 98—99% relativer Luftfeuchtigkeit in der Zeit vom 6. bis 27. März 1943 den Termiten ausgesetzt worden war. Diese Probe weist starken Totalfraß auf. Das unten links dargestellte in Wasser vorbehandelte Vergleichsstück zeigt besonders starken Totalfraß und das im Bild rechts unten eingesetzte Beispiel künstlicher Beschmutzung (mit Diastaseaufschwemmung vgl. oben) hat ebenfalls starke Beschädigungen erlitten.

Die in Abb. 6 dargestellte nicht imprägnierte Stoffprobe III f besteht aus Acetat-Seidenmarkisett. Das links oben dargestellte im fabrikneuen Zustand vom 25. Januar bis 27. März 1943 geprüfte Stück zeigt zwar Totalfraß, doch hält sich dieser Schaden in Anbetracht der langen Versuchsdauer und verglichen mit den im gleichen Sinne geprüften Proben von I und II in erträglicheren Grenzen. Auch in der vergleichenden Prüfung nicht imprägnierter Stoffe waren die wohl ähnlich zusammengesetzten Acetat-Kunstseidenstoffe im Durchschnitt viel weniger befressen. Das in der Mitte von Abb. 6 dargestellte Fraßstück war in gleicher Weise wie die andern bereits erwähnten Proben in feuchtwarmer Luft von 35° C und 98—99% relativer Luftfeuchtigkeit vorbehandelt

und dann bestückt worden. Hierbei hat sich deutlicher Lochfraß ergeben, der aber bei weitem nicht so stark ist, wie z. B. das entsprechende Stück von Stoff II in Abb. 5 rechts oben. Ebenso zeigt sich bei der in Abb. 6 rechts dargestellten Probe, die unter bereits bekannten Bedingungen in destilliertem Wasser vorbehandelt worden war, Lochfraß, während das in Abb. 5 links unten entsprechende Stück von Stoff II starken Totalfraß aufzuweisen hat.

Zusammenfassend ergibt sich aus einem Vergleich der untersuchten Stoffe in nicht imprägnierten Zustand, daß am empfindlichsten Stoff II (Viscose-Voile) ist, ähnlich, jedoch nicht ganz so empfindlich ist Stoff I (Kupferseide-Tüll), während Stoff III (Acetat-Seidenmarkisett) sich in Übereinstimmung mit den in Abschnitt II der Arbeit gewonnenen Ergebnissen verhältnismäßig widerstandsfähig zeigt. Diese Verschiedenheiten der unsprünglichen Resistenz der Proben im nicht imprägnierten Zustand sind bei der Beurteilung des nun zu besprechenden Erfolges der Imprägniermittel zugrunde zu legen.

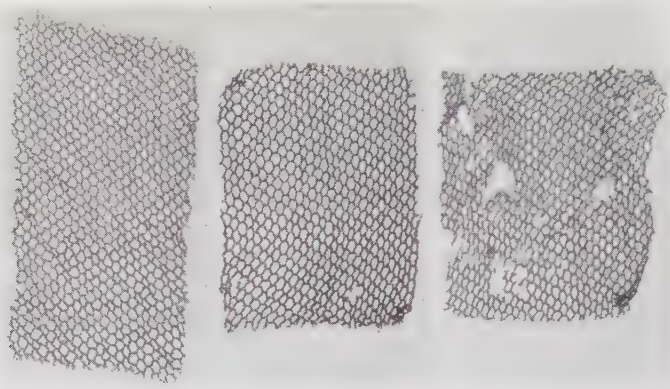


Abb. 7. Mit Eulan NKF extra imprägnierte Stoffprobe Ia; links nach zweiwöchiger Einwirkung von 25° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; in der Mitte nach gleich langem Aufenthalt in Aqua dest.; rechts nach ebenso langer Einwirkung von Diastase-Aufschwemmung, beide mit derselben Versuchsdauer

In Abb. 7 sind die Ia-Proben zusammengestellt. I bedeutet, wie bereits erwähnt, Kupferseide-Tüll, a Behandlung mit Eulan NKF extra. Die im fabrikneuen Zustand geprüfte Probe ist nicht mit dargestellt, sie war nach der üblichen Einwirkungszeit der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943 völlig unversehrt geblieben. Daraufhin haben vom 27. März bis 11. August 1943 ohne Unterbrechung nicht wie bisher 20, sondern nunmehr 50 Termiten auf den Stoff eingewirkt. Der Erfolg war geringfügiger Randfraß, ferner waren wenige Maschen durchgebissen. Unter Berücksichtigung der langen strengen Prüfung kann der Tüll im fabrikneuen Zustand praktisch fast als fraßsicher bezeichnet werden. Dabei ist noch zu bedenken, daß der Stoff monatelang ganz

unangetastet geblieben war und in diesem Zeitraum extrem hohe Luftfeuchtigkeit von 98—99 % bei 27 ° C eingewirkt hat, so daß der Prüfling auf diese Weise der mit einer solchen Klimatisierung verbundenen Veränderungsmöglichkeit ausgesetzt war. Für die spätere Beurteilung des Gebrauchszustandes ist der Umstand wesentlich, daß der derart imprägnierte fabrikneue Stoff weit über die bei der Tragechtheitsprüfung gewählten Versuchsdauer hinaus unberührt geblieben ist, während vor allem die rechts in Abb. 7 dargestellte Probe eines künstlich beschmutzten Stückes nach viel kürzerer Versuchsdauer sehr deutliche Fraßschäden aufweist. Links ist in Abb. 7 die in 35 ° C und 98—99 % relativer Luftfeuchtigkeit klimatisierte Probe dargestellt. Sie war in der Zeit vom 6.—27. März 1943 unberührt geblieben. Die Probe in der Mitte von Abb. 7 war in destilliertem Wasser vorbehandelt gewesen. Bei diesem Stück wurden in der gleichen Versuchszeit nur 4 Maschen durchgebissen. Dagegen weist im Bild rechts das mit Diastaseaufschwemmung imprägnierte Stück unter sonst gleichen Bedingungen starken Lochfraß auf. Die Unwirksamkeit der Klimatisierung unter dem Einfluß von 35 ° C und 99 % relative Luftfeuchtigkeit läßt sich mit der langdauernden Beibehaltung der Fraßresistenz unter den sonst üblichen Versuchsbedingungen (27 ° C, 98—99 % relative Luftfeuchtigkeit) in Übereinstimmung bringen. Wasser hat ein geringes Nachlassen der Imprägnierung bewirkt, während unter der Einwirkung der künstlichen Beschmutzung der Schutz der Imprägnierung deutlich nachgelassen hat. Zusammenfassend ist festzustellen, daß die mit Eulan NKF extra imprägnierte Probe sich im fabrikneuen Zustand praktisch als fast fraßsicher erwiesen hat. Bei der Tragechtheitsprüfung fiel die Prüfung auf Resistenz des Imprägniermittels unter der Einwirkung von extrem feuchwarmer Luft befriedigend aus, nach Einfluß von Wasser hat die Widerstandsfähigkeit gegen Termitenfraß etwas, nach künstlicher Beschmutzung mit Diastase sehr merklich nachgelassen. Wie bereits erwähnt, spielt für die Brauchbarkeit des Imprägniermittels in Verbindung mit dem untersuchten Stoff das Nachlassen der Resistenz keine entscheidende Rolle, da der Verwendungszweck eine derartige Tragechtheit nicht voraussetzt. Wichtig ist vielmehr festzustellen, daß der Stoff als Träger des Imprägniermittels im unbehandelten Zustand zu den leicht angreifbaren Stoffen gehört und daß demzufolge die im fabrikneuen Zustand und nach Aufenthalt in feuchtwarmer Luft festgestellte, bereits sehr zufriedenstellende Resistenz gegen Termitenfraß auf die Qualität des Imprägniermittels und nicht des Stoffes zurückzuführen ist.

Die in Abb. 8 dargestellten Proben von Stoff 1 b beziehen sich auf Kupferseide-Tüll, der mit Eulan NKF extra und Tylose SAP 1000 imprägniert ist. Die fabrikneu geprüfte Probe ist nicht mit aufgeführt, bei ihr waren nach Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März nur wenige Maschen durchgebissen; hierauf erfolgte stärkere

Bestückung mit 50 Termiten bis zum 11. August 1943; in diesem weiteren Verlauf der Prüfung ist nur noch geringfügiger Randfraß aufgetreten. Gegenüber der Probe I a ist demnach die Widerstandsfähigkeit in unbedeutendem Ausmaße geringer; zur Beurteilung dieses Nachlassens

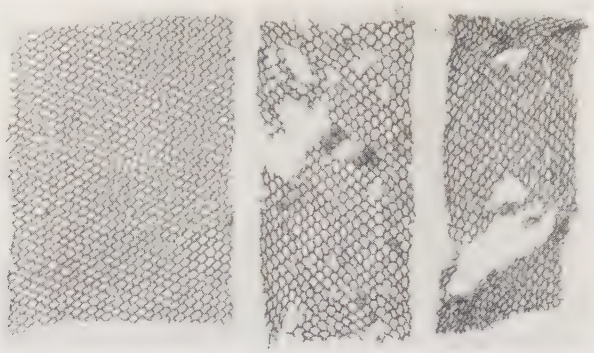


Abb. 8. Mit Eulan NKF extra und Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe I b; links nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; in der Mitte nach gleichlangem Aufenthalt in Aqua dest.; rechts nach ebenso langer Einwirkung von Diastase-Aufschwemmung, beide mit derselben Versuchsdauer

wäre es erwünscht, auch ausschließlich mit Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffe zu untersuchen und wissen, ob im Hinblick auf die Zugabe dieses zusätzlichen Imprägnierungsmittels das Eulan NKF extra weniger stark dosiert war und wie sich beide Imprägniermittel miteinander vertragen. Die Notwendigkeit solcher sekundärer Untersuchungen läßt sich nicht immer von Anbeginn an übersehen. Ein Vergleich der nachbehandelten Proben von I a und I b führt zu der Erkenntnis, daß vor allem unter der Einwirkung von Wasser und Diastase der Imprägniererfolg von I b geringer ist als bei I a, was mit den Ergebnissen der Prüfung der imprägnierten Stoffproben im fabrikneuen Zustand übereinstimmt, wenn auch die Unterschiede hier sehr geringfügig sind. Wie bei I a war auch bei I b von den nachbehandelten links in Abb. 8 dargestellten Stücken die in der feuchtwarmen Luft klimatisierte Probe widerstandsfähiger, als die mit Wasser oder Diastase vorbehandelte. Bei ersterer sind nur wenige Maschen durchgebissen. Bei dem gewässerten Stoff (Abb. 8, Mitte) ist Lochfraß und Totalfraß und bei dem künstlich beschmutzten Stück ist ebenfalls starker Lochfraß und Totalfraß zu vermerken. Der Einfluß der Vorbehandlung mit Wasser und Diastase ist also hier sehr deutlich. Die Vorbehandlung und die Prüfbedingungen waren die gleichen wie bei I a und sämtlichen anderen im folgenden aufgeführten Untersuchungen des Abschnittes III der Arbeit.

In Abb. 9 ist das Fraßbild der mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion) imprägnierten Proben I d deutlich von den mit Eulan NKF extra behandelten Stücken verschieden. Während

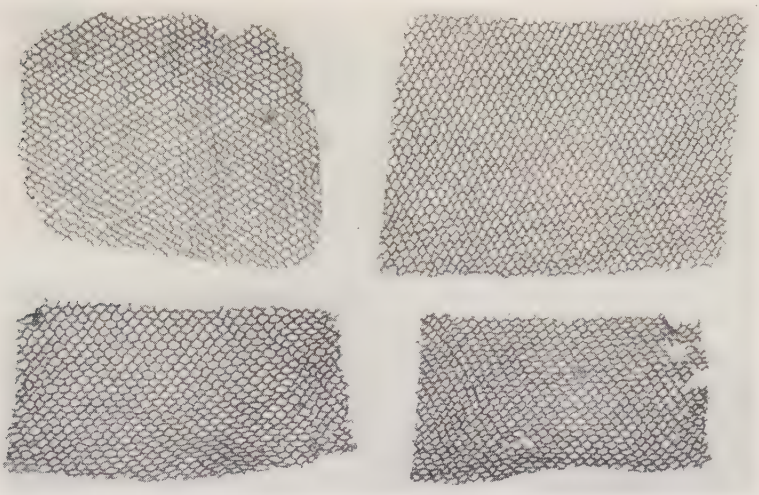


Abb. 9. Mit Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion) imprägnierte Stoffprobe Id; links oben fabrikneu untersucht in der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 mit Randfraß; rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleich langer Versuchsdauer

die fabrikneuen untersuchten Stoffe I a und I b keine oder nur unwesentliche Beschädigungen aufweisen und die mit Wasser und Diastase vorbehandelten deutlich weniger widerstandsfähig sind, ist bei den Proben I d das in Abb. 9, links oben, dargestellte fabrikneu untersuchte Stück zwar am Rand deutlich befressen nach Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943, aber bei den kurzfristigeren Prüfungen nach der Vorbehandlung mit feuchtwarmer Luft, Wasser und Diastase hat sich kein so großer Unterschied, also ein weniger starkes Nachlassen der ursprünglich vorhandenen Resistenz herausgestellt, als bei der Eulanimprägnierung. Dem Nachteil der geringeren

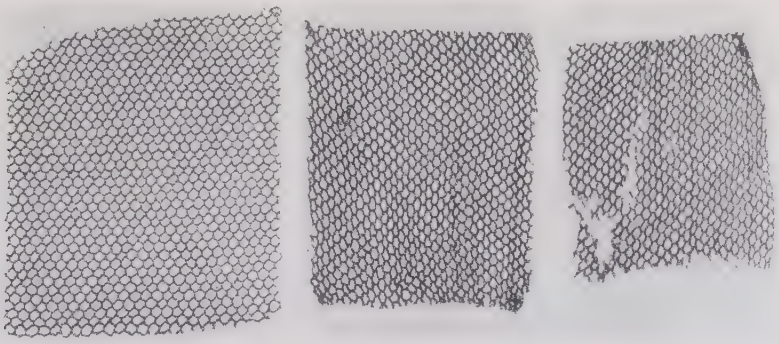


Abb. 10. Mit Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion) und Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe Ie; links nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; Mitte I a nach Einwirkung von Aqua dest.; rechts nach künstlicher Beschmutzung mit Diastase

Resistenz im fabrikneuen Zustand steht also die bessere Beibehaltung der ursprünglich erreichten Widerstandsfähigkeit gegenüber. Der im Bild rechts oben dargestellte Prüfling war mit feuchtwarmer Luft vorbehandelt worden. Er blieb ganz unbeschädigt. Die links unten aufgeführte in Wasser vorbehandelte Probe weist ebenfalls keinen Fraß auf. Dagegen zeigt das mit Diastase künstlich beschmutzte Stück Lochfraß.

Die in Abb. 10 dargestellten Proben I e sind mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion) + Tylose SAP 1000 imprägniert. Die Folgeerscheinungen sind ähnlich wie bei I d. Das im Bild nicht mit aufgeführte fabrikneu geprüfte Stück war in der Zeit vom 25. Januar bis 27. März 1943 ohne Schadwirkung geblieben und daher anschließend bis 11. August 1943 verstärkt mit 50 Versuchstieren bestückt worden. Daraufhin zeigte sich starker Loch- und Randfraß. Verglichen mit ebenso lang untersuchten eulanisierten, fabrikneuen Proben des gleichen Stoffes ist hier wieder das Konservierungsmittel E 135, auch in Verbindung mit Tylose weniger fraßresistent. Dagegen zeigt sich abermals der Vorteil dieses Imprägnierungsverfahrens hinsichtlich Festigkeit gegen nachteilige sekundäre Beeinflussung der Imprägnierung durch Wasser. Das links abgebildete in feuchtwarmer Luft vorbehandelte Stück ist, von nicht sicher festzustellendem Randfraß abgesehen, unbeschädigt geblieben. Auch nach Einwirkung von Wasser zeigte sich (Bild Mitte) kein Schaden. Nur nach künstlicher Beschmutzung mit Diastase ist wieder Lochfraß aufgetreten.

Zusammenfassend läßt sich nach Prüfung des Kupferseide-Tülls sagen: Da nicht imprägnierte Proben sehr stark zerfressen worden sind, ist die mit Eulan NKF extra erzielte praktisch fast genügende Fraßsicherheit als Erfolg des Imprägniermittels zu verzeichnen. Tylose- (SAP 1000) Zugabe zeigt hier weder in Verbindung mit Eulan, noch mit dem anderen untersuchten Imprägniermittel (E 135, Nibrenwachsemulsion) eine die Termitenfestigkeit sichtlich beeinflussende zusätzliche Wirkung. Das Konservierungsmittel E 135 hat zwar im fabrikneuen Zustand weniger gute Erfolge als Eulan NKF extra aufzuweisen, dafür schneidet es bei der Tragechtheitsprüfung besser ab. Der Vorteil dieses Mittels besteht also vor allem in der konservierenden Wirkung. Theoretisch kann daher angenommen werden, daß bei einer kombinierten Imprägnierung mit Eulan NKF extra + E 135 sich ein Dauerschutz von Textilien gegen Termiten erzielen läßt. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß nicht nur der imprägnierte Kupferseide-Tüll, sondern auch die unbehandelte Kontrolle I f nach Wasserwirkung bzw. Diastaseeinwirkung viel leichter von den Termiten angegriffen wird als die nicht dem Wasser ausgesetzten Proben.

Das Konservierungsmittel E 135 jedoch macht den Stoff weitgehend widerstandsfähig gegen die Aufschließung durch Wasser.

Durch Vergleich des mit den beiden untersuchten Mitteln zu erzielenden Imprägniererfolges an weiteren, andersartigen Stoffproben soll nun festgestellt werden, ob sich nur relative, etwa durch ursprüngliche Stoffestigkeit bedingte Abstufungen oder auch grundsätzliche Verschiedenheiten in dem Endergebnis der Termitenfestigkeit ergeben.

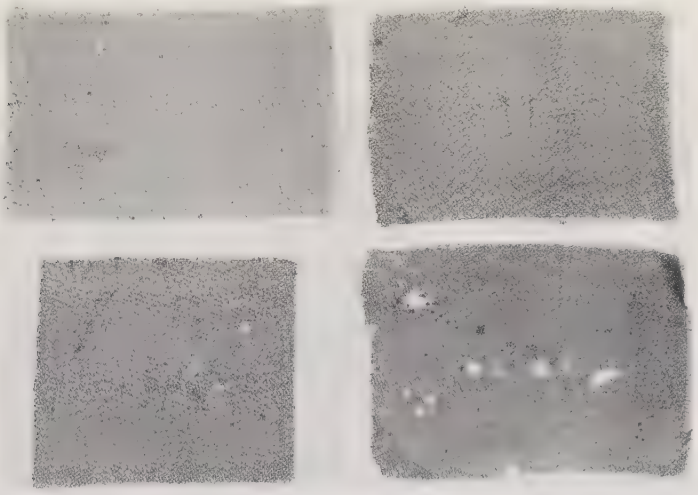


Abb. 11. Mit Eulan NKF extra imprägnierte Stoffprobe II a (Viskose-Voile); links oben fabrikneu untersucht in der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 mit schwachem Lochfraß; rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99 % rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleichlanger Versuchsdauer

Zunächst steht die Stoffprobe II (Viskose-Voile) in Frage. In Abb. 11 sind die mit Eulan NKF extra imprägnierten Proben II a dargestellt. Das im Bild links oben aufgeführte Stück war in der Zeit vom 25. Januar bis 27. März 1943 im fabrikneuen Zustand geprüft worden und hatte dabei leichten Lochfraß erlitten, während der bereits im unbehandelten Zustand widerstandsfähigere Kupferseide-Tüll unter gleichen Bedingungen unbeschädigt geblieben war. Das rechts oben abgebildete mit feuchtwarmer Luft vorbehandelte Stück war während der Prüfzeit vom 6.—27. März 1943 unbehelligt geblieben, nach Wassereinwirkung (links unten) zeigte sich schwacher und nach künstlicher Beschmutzung mit Diastase (rechts unten) stärkerer Lochfraß.

Die in Abb. 12 zusammengestellten Fraßstücke beziehen sich auf eine mit Eulan NKF extra + Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe II b (Viscose-Voile). Links oben zeigt das im fabrikneuen Zustande vom 25. Januar bis 27. März geprüfte Stück Lochfraß. Am Rande der beiden größeren Löcher sind deutlich die Ausscheidungen der

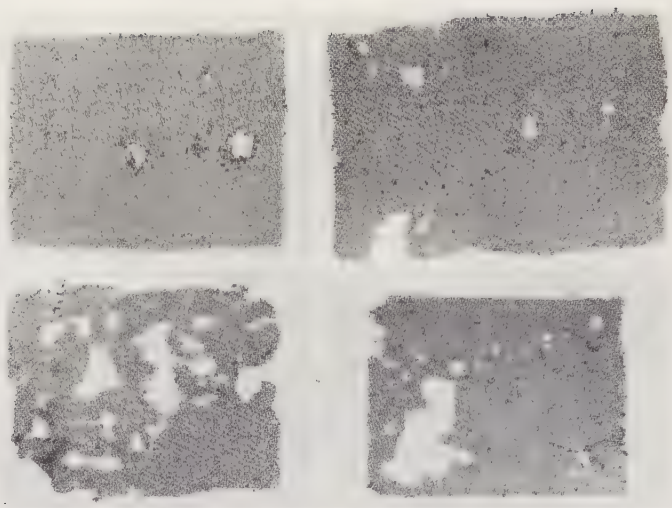


Abb. 12. Mit Eulan NKF extra und Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe IIb (Viskose-Voile); links oben fabrikneu mit stärkerem Lochfraß in der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943; rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleich langer Versuchsdauer

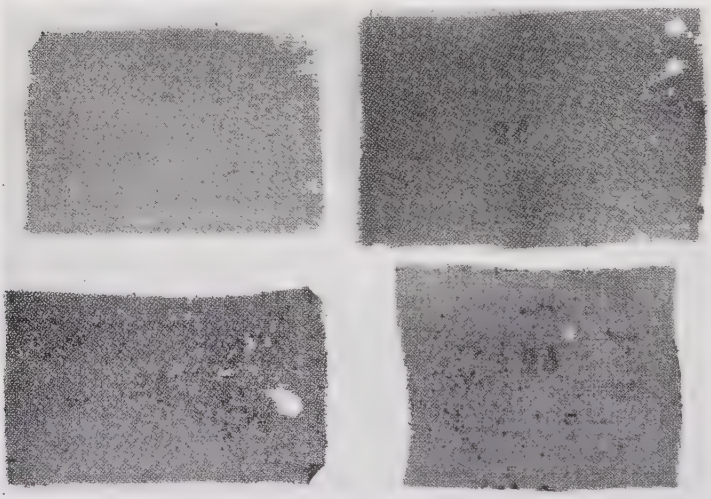


Abb. 13. Mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion) imprägnierte Stoffprobe IId; links oben fabrikneu untersucht in der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 mit Loch- und Randfraß, rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleich langer Versuchsdauer

Termiten als dunkle Flecke zu erkennen. Auf die Möglichkeit, daß diese Ausscheidungen das Material aufschließen, wurde bereits hingewiesen. Rechts oben ist an der in feuchtwarmer Luft klimatisierten Probe nach einer Versuchsdauer vom 6.—27. März 1943 Lochfraß und Teilfraß

festzustellen. In Anbetracht der kürzeren Einwirkungszeit der Termiten sind die Beschädigungen an den nachbehandelten Stücken verhältnismäßig viel größer als an den fabrikneuen. Besonders starken Lochfraß und Teilfraß weist die gewässerte Probe (links unten) auf und auch der künstlich mit Diastase beschmutzte Stoff hat sehr starken Teilfraß erlitten. Ein Gesamtvergleich der Beschädigungen in Abb. 11 und 12 läßt erkennen, daß die Zugabe von Tylose zu Eulan NKF extra die Termitenfestigkeit bestimmt nicht erhöht, sondern eher beeinträchtigt hat. Die Untersuchungen mit denselben Imprägniermitteln am Kupferseide-Tüll (vgl. Abb. 7 und 8) haben zu dem gleichen Ergebnis geführt.

Auch die Abb. 13 und 14 sind sehr aufschlußreich. In Abb. 13 ist die Stoffprobe II d beschädigt nach Imprägnierung mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion) dargestellt; links oben zeigt der im fabrikneuen Zustand geprüfte Stoff nach einer Einwirkung der Termiten vom 25. Januar bis 27. März 1943 Lochfraß und Randfaß. Rechts oben ist das Fraßstück mit Lochfraß nach Klimatisierung in feuchtwarmer Luft dargestellt, links unten zeigt sich ebenfalls Lochfraß nach Wässerung und rechts unten schwacher Lochfraß nach künstlicher Beschmutzung. Die Einwirkungsdauer erstreckt sich für die nachbehandelten Stoffe wie üblich vom 6.—27. März 1943.

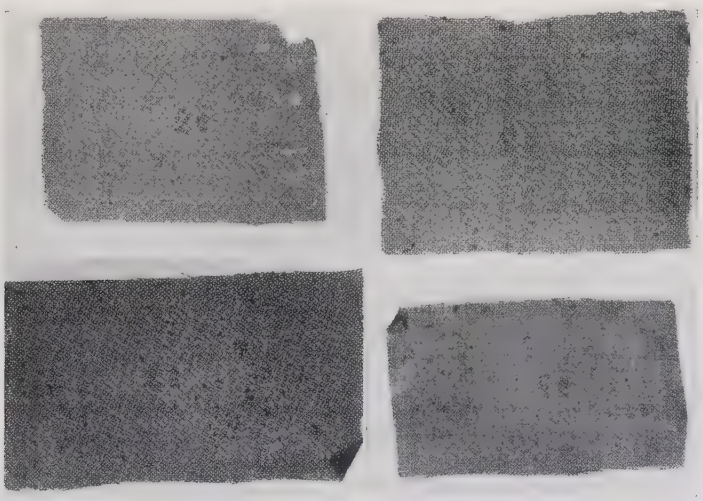


Abb. 14. Mit dem Konservierungsmittel E 135 (Nibrenwachsemulsion) und Tylose SAP 1000 imprägnierte Stoffprobe II e; links oben fabrikneu geprüft in der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 mit Loch- und Randfraß rechts oben nach zweiwöchiger Einwirkung von 35° C und 99% rel. Luftfeuchtigkeit vom 6. III. bis 27. III. 1943 in Prüfung; links unten nach Einwirkung von Wasser, rechts unten nach Behandlung mit Diastase-Aufschwemmung bei gleich langer Versuchsdauer

In Abb. 14 zeigen die mit dem Konservierungsmittel E 135 + Tylose SAP 1000 imprägnierten Viscose-Voile-Proben (II a) ähnlich geringe Beschädigungen. Links oben ist wieder die fabrikneu geprüfte Probe

nach einer Versuchszeit vom 25. Januar bis 27. März 1943 dargestellt. Hierbei ist leichter verteilter Lochfraß und stärkerer Randfraß aufgetreten. Die Wirkung ist ähnlich, wie bei dem ohne Tylosezusatz behandelten Stück in Abb. 13. Auch bei den vorbehandelten Proben ist nach Nibrenwachsimprägnierung, ähnlich wie bei dem Kupferseide-Tüll (Abb. 9 und 10), keine deutlich sichtbare Schwächung des Widerstandes gegen Termiten nach Vorbehandlung des Stoffes erfolgt. Rechts oben in Abb. 14 weist die klimatisierte Probe nach einer Prüfdauer vom 6.—27. März 1943 Randfraß auf; links unten zeigt die gewässerte Probe feinen Lochfraß, während die künstlich beschmutzte Probe kaum sichtbaren Lochfraß erkennen läßt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß auch in Verbindung mit Stoffprobe II wie bei I das Eulan NKF extra die bessere Wirkung im fabrikneuen Zustande zeigt, während das Konservierungsmittel E 135 einen besseren Schutz gegen die Nachwirkungen, wie Einfluß von feuchtwarmer Luft, von Wasser und künstlicher Beschmutzung verleiht. Das Nachlassen der Wirksamkeit von Eulan NKF extra nach Vorbehandlung der Stoffe geht am deutlichsten bei Vergleich von Abb. 12 mit Abb. 14 hervor. Der Einfluß der Diastase war in Verbindung mit Stoffprobe II nicht so deutlich wie zusammen mit Probe I. Bemerkenswert ist ferner, daß Tylose SAP 1000 in Zusammenhang mit dem Konservierungsmittel E 135 keine so nachhaltige Wirkung zeigt, wie in Verbindung mit Eulan NKF extra. Vielleicht steht diese Erscheinung mit der Erfolgswirkung des Nibrenwachses gegen Wasser und Diastaseaufschwemmung in Zusammenhang.

Als dritte letzte Stoffprobe (III) wurde noch im Zusammenhang mit den gleichen Imprägniermitteln Acetat-Seidenmarkisett auf Tragechtheit untersucht. Aus der Prüfung der nicht imprägnierten Kontrollstücke ging bereits hervor, daß diese Stoffart im Vergleich zu den beiden anderen untersuchten Proben I und II verhältnismäßig widerstandsfähig ist.

In Abb. 15 sind die mit Eulan NKF extra imprägnierten Proben III a (Acetat-Seidenmarkisett) zusammengefaßt. Die fabrikneu geprüfte Probe war vom 25. Januar bis 27. März 1943 unbeschädigt geblieben und wurde daher unter verstärkter Bestückung mit 50 Termiten bis zum 11. August 1943 weiter untersucht. Nach dieser langen Zeit war nur schwacher Randfraß aufgetreten (Bild links oben). Die Resistenz der Probe III (sowohl bei a wie bei b, vgl. auch unten) ist auf die größere ursprüngliche Widerstandsfähigkeit des verwendeten Trägerstoffes Acetat-Seidenmarkisett zurückzuführen [7]). Von den anderen, kurzfristig ge-

[7]) Die anderen zwei zur Untersuchung eingereichten Stoffproben sind, wie bereits erwähnt, empfindlicher und diese Empfindlichkeit kommt auch noch nach der Imprägnierung zum Ausdruck. Beim Kupferseide-Tüll (Probe I) blieben nur die mit Eulan NKF extra imprägnierten fabrikneuen Stücke bis zum 27. März unbeschädigt, bei dem besonders empfindlichen Viscose-Voile (Probe II) wiesen auch die eulanisierten Prüflinge zum 27. März Fraßspuren auf.

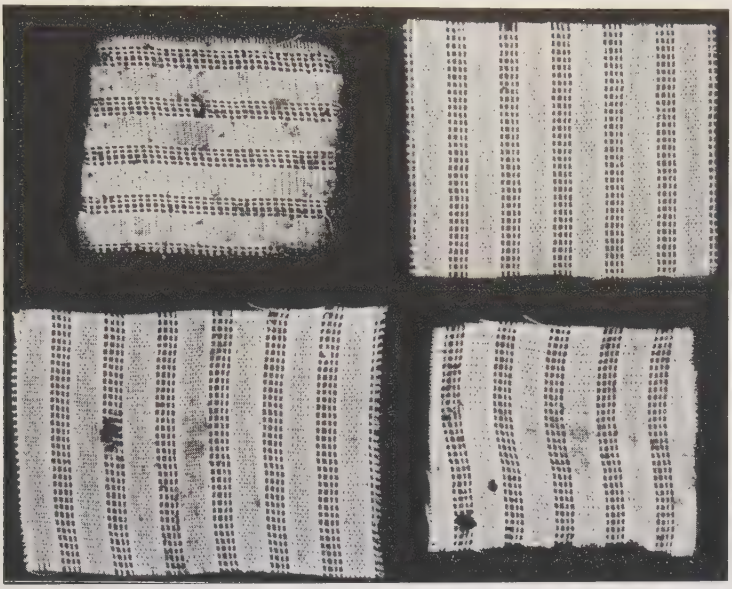


Abb. 15. Mit Eulan NKF extra imprägnierte Stoffprobe IIIa (Acetatkunstseiden-Markisett); links oben fabrikneu; nach der Zeit vom 25. I. bis 27. III. 1943 noch keine Beschädigung, daher wurde unter verstärkter Bestückung bis zum 11. VIII. 1943 weiter geprüft. Nach dieser langen Versuchsdauer war Loch- und Randfraß in geringem Umfang aufgetreten. Rechts oben zeigt die Probe nach zweiwöchiger Klimatisierung und der für vorbehandelte Stücke üblichen Prüfdauer vom 6. III. bis 27. III. 1943 keinen Fraßschaden. Die mit Wasser vorbehandelte Probe (links unten) hat Lochfraß erlitten, das künstlich beschmutzte Stück (rechts unten) Loch- und Randfraß

prüften vorbehandelten Proben blieb die in feuchtwarmer Luft klimatisierte (rechts oben) unangetastet, die gewässerte Probe zeigt Lochfraß, die mit Diastase künstlich beschmutzte Lochfraß und Randfraß nach Einwirkung der Termiten vom 6.—27. März 1943.

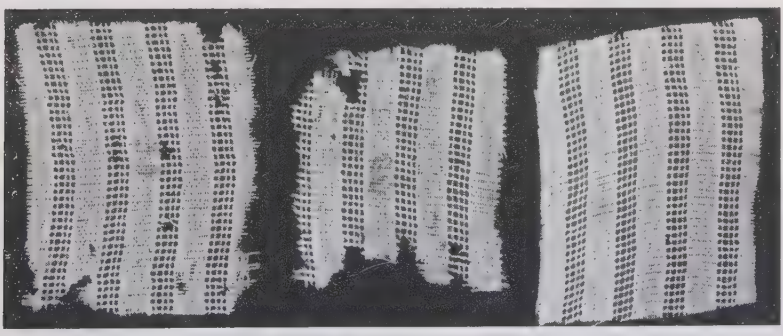


Abb. 16. Mit dem Konservierungsmittel E 135 imprägnierte Stoffprobe IIIa (Acetatseiden-Markisett). Links nach Aufenthalt in feuchtwarmer Luft in der Zeit vom 6. III. bis 11. VIII. 1943 mit Termiten bestückt. In der Mitte ebenfalls mit Lochfraß und vom Rand her mit stärkerem Teilfraß nach Aufenthalt im Wasser und gleich langer Prüfdauer, rechts nach künstlicher Beschmutzung ohne Fraßschaden nach Termiteneinwirkung in der Zeit vom 6. III. bis 27. III. 1943

Mit Eulan NKF extra und Tylose SAP 1000 imprägnierten Stoff, der die Bezeichnung III b tragen würde, ist nicht zur Prüfung eingereicht worden. Die mit dem Konservierungsmittel E 135 imprägnierte Stoffserie III d ist in Abb. 16 dargestellt. Die fabrikneue zunächst in der Zeit vom 25. Januar bis 27. März 1943 geprüfte Probe (im Bild nicht aufgeführt) zeigte nur sehr geringfügige Schäden. Eine kleine Masche war entzwei und am Rand waren wenige Fasern abgebissen. Nachdem die Probe daraufhin bis zum 11. August 1943 mit 50 Termiten verstärkt bestückt worden war, war Lochfraß und Randfraß aufgetreten. Dieser Befund weist darauf hin, daß zu der guten ursprünglichen Widerstandsfähigkeit des Acetat-Seidenmarkisetts noch die gute Wirkung des Imprägniermittels hinzugekommen ist. Die mit feuchtwarmer Luft vorbehandelte Probe hat Lochfraß und stärkeren Randfraß erlitten (Bild links) die gewässerte Probe (Bild Mitte) vom Rand her Teilfraß, während das in Diastaseaufschwemmung vorbehandelte Stück (Bild rechts) kaum beschädigt wurde.

Die Beschreibung der Waschechtheitsprüfung kann kurz gefaßt werden, da diese im Prinzip ähnlich verläuft, wie bei den vorangegangenen Beispielen des Einflusses künstlicher Klimatisierung, Wässerung und Beschmutzung. Die Proben wurden mit dem Einheitswaschpulver in der üblichen Weise gewaschen, an der Luft getrocknet und dann gebügelt. Hatte sich der Stoff fabrikneu bewährt, so wurde die Prüfung nach einmaligem Waschen, Trocknen und Bügeln wiederholt, im Falle weiterer Bewährung wurde diese ganze Vorbehandlung 5mal, dann 10mal und schließlich 20mal durchgeführt. Als Stoff diente bei diesen Prüfungen Viscose-Krepp. Dieses Material ist gegen Termiteneinwirkung verhältnismäßig empfindlich, wie aus den Untersuchungen über die Resistenzunterschiede der nicht imprägnierten Stoffproben unter Abschnitt II hervorgeht und zufolge dieser Eigenschaft zur Prüfung von Imprägniermitteln geeignet. Zunächst wurden im fabrikneuen Zustand verschiedene mit den Nrn. 1599, 1600, 1603, 1604, 1605 und 1606 bezeichnete Proben untersucht. Die Proben 1605

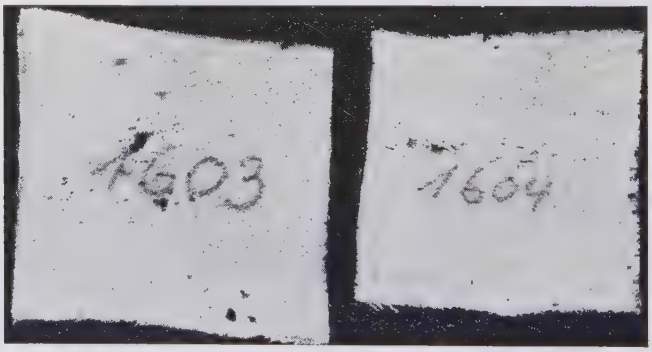


Abb. 17. Viskose-Krepp-Proben mit Imprägniermittel 1603 und 1604 behandelt, fabrikneu geprüft in der Zeit vom 23. III. bis 13. IV. 1943. Loch- und Schabefraß

und 1606 zeichneten sich vor den übrigen durch Widerstandsfähigkeit gegen Termiteneinwirkung aus und kamen daher für die Waschechtheitsprüfungen in Frage. Die Nrn. 1599 und 1600 hatten in der Zeit vom 23. März bis 13. April 1943 Schabefraß und Lochfraß erlitten und schieden daher aus. Ähnlich zeigten die Nrn. 1603 und 1604 (vgl. Abb. 17) nach dieser Prüfzeit vom 23.—30. März 1943 Lochfraß und Schabefraß, der bereits in Lochfraß übergeht. Nach längerer Klimatisierung wurde zunächst Nr. 1605 in der Zeit vom 21. September bis 15. November 1943 nachgeprüft. In dieser Zeit trat schwacher Schabefraß auf, der allmählich in feinen Lochfraß überging (Abb. 18 links). In der gleichen Zeit wurde dieselbe Stoffprobe Nr. 1605 nach einmaliger Wäsche geprüft. Hier zeigte sich nun stärkerer Lochfraß (Abb. 18 Mitte), noch stärkerer Lochfraß wurde unter gleichen Bedingungen nach 10maliger Wäsche festgestellt; nach 20maliger Wäsche traten in der Prüfzeit vom 27. September bis 15. November 1943 erhebliche Beschädigungen auf,

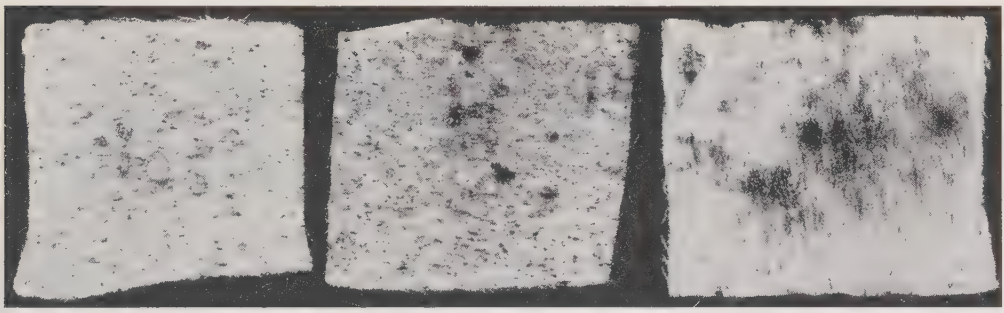


Abb. 18. Viskose-Krepp mit Imprägnierungsmittel 1605 behandelt; links nach fünfmonatiger Klimatisierung in der Zeit vom 21. IX. bis 15. XI. 1943 mit Termiten bestückt, mit leichtem Schabefraß, mitte Lochfraß nach einmaliger Wäsche und einer Prüfdauer vom 21. IX. bis 15. XI. 1943; rechts nach zwanzigmaliger Wäsche mit stärkerem Lochfraß, vom 21. IX. bis 15. XI. 1943 geprüft

wie in Abb. 18 das Bild rechts zeigt. Aus den Beispielen geht sehr deutlich hervor, wie ein im fabrikneuen Zustand verhältnismäßig gutes Imprägniermittel bereits nach einmaliger und noch mehr nach öfterer Wäsche an Wirksamkeit verlieren kann.

IV. Untersuchung vollsynthetischer Stoffe

Die zur Prüfung vorgelegenen Proben vollsynthetischer Stoffe haben Superpolyamide (Polyvinylchlorid) als Rohmaterial zur Grundlage. In Abb. 19 ist links oben grobmaschiges PeCe-Gewebe mit Loch- und Randfraß dargestellt. Die Probe war im fabrikneuen Zustand vom 2. Februar bis 4. August 1943 geprüft worden. Rechts daneben ist eine weitere Probe des groben PeCe-Gewebes mit Rand- und Lochfraß dargestellt, welche nach einmaliger Wäsche in der Zeit vom 3. Mai bis 5. August 1943 mit Termiten bestückt worden war. Darunter sind in Abb. 19 Stücke eines feinen, jedoch sehr dichten PeCe-Gewebes zusammengestellt, links wieder

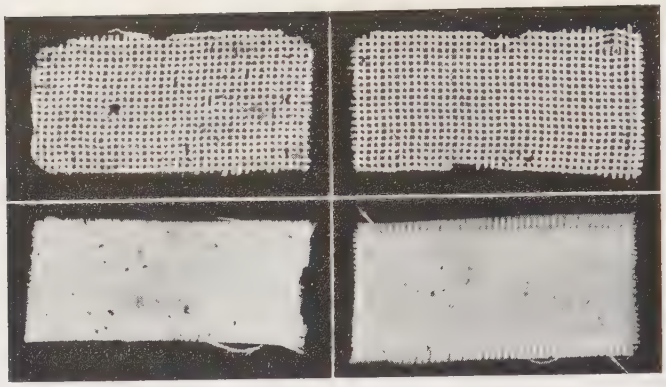


Abb. 19. Links oben PeCe-Gewebe grob, in fabrikneuem Zustand vom 2. II. bis 4. VIII. 1943 mit Termiten bestückt, mit Rand- und Lochfraß, rechts oben das gleiche Gewebe nach einmaliger Wäsche vom 3. V. bis 5. VIII. 1943 in Prüfung mit Rand- und Lochfraß. Unten PeCe-Gewebe fein unter gleichen Bedingungen wie die entsprechenden darüber liegenden Stücke geprüft, links fabrikneu mit Randfraß, rechts nach Wäsche mit Schabefraß

fabrikneu geprüft in der gleichen Zeit wie oben mit Schabefraß, der in Lochfraß übergeht, rechts die gleiche Stoffqualität nach einmaliger Wäsche Schabefraß zeigend. Der Umstand, daß die gewaschenen Stücke unbedeutend geringfügigere Beschädigungen aufweisen, ist auf die etwas kürzere Dauer dieser Prüfung im Vergleich zur Untersuchung im fabrikneuen Zustand zurückzuführen. Ein Nachlassen der Widerstandsfähigkeit des vollsynthetischen Stoffes als Folge der Wäsche ist also nicht nachweisbar. Der Vorzug der vollsynthetischen Stoffe beruht unter anderem darauf, daß sie unter der Voraussetzung hinreichender Widerstandsfähigkeit des Rohmaterials erstens nicht imprägniert werden müssen und daher zweitens wiederum im Gegensatz zu den z. B. auf Woll- und Holzbasis aufgebauten Stoffen nicht Gefahr laufen, eine durch Imprägnierung erworbene Termitenfestigkeit zu verlieren. Zur Widerstandsfähigkeit des PeCe-Gewebes ist zu bemerken, daß diese zwar den strengen Anforderungen des Versuches nicht genügt hat, daß jedoch das PeCe-Gewebe zu den widerstandsfähigsten Geweben gehört, die heute bekannt sind. Bei einer Untersuchung von Resistenzunterschieden nicht imprägnierter Stoffproben in Abschnitt II der Arbeit war ein andersartiges PeCe-Gewebe in der Versuchszeit vom 15.—30. März 1943 nicht beschädigt worden. Diese Prüfdauer ist nun allerdings für eine Untersuchung der absoluten Widerstandsfähigkeit viel zu kurz, doch geht aus dem Vergleich mit den zahlreichen anderen Stoffproben wenigstens die relativ große Resistenz sehr deutlich hervor.

Auch eine andere, in Abb. 20 dargestellte Ausfertigung von vollsynthetischem Stoff (auf Basis der Superpolyamide) hat eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gezeigt. Es handelt sich um weiches, tüll-

artiges Gewebe in einer grauen (oben) und bräunlichen (unten) Ausstattung. Die graue Probe war im fabrikneuen Zustand vom 3. Mai bis 5. August 1943 mit Termiten bestückt gewesen und hat als Folge an einer Stelle Lochfraß aufzuweisen. Die im Bild unten angefügte Probe war ebenfalls fabrikneu untersucht worden, und zwar in der Zeit vom 3. Mai bis 21. September 1943; hier ist Rand- und Schabefraß zu vermerken. Die Beschädigungen sind also auch in Anbetracht der langen strengen Prüfung gering und es scheint daher aussichtsreich, das Ziel der Erlangung einer Termitenfestigkeit mittels vollsynthetischen fraßsicheren Rohmaterials weiter zu verfolgen.

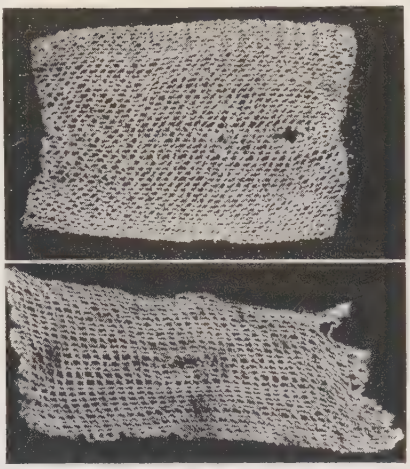


Abb. 20. Weiches vollsynthetisches Gewebe auf Hyperpolyamidbasis, fabrikneu vom 3. V. bis 5. VIII. 1943 mit Termiten bestückt; oben graue Ausstattung mit Lochfraß, unten bräunliche Anfertigung mit Rand- und Schabefraß

Die Gebrauchsechtheitsprüfung würde sich bei den vollsynthetischen Stoffen in der gleichen Weise gestalten wie bereits an anderen Mustern beschrieben.

C. Zusammenfassung

In Anpassung an die neuzeitlichen Aufgaben des Textilienschutzes wurden Methoden der Prüfung von Stoffen im fabrikneuen und im Gebrauchszustand zusammengestellt. Zunächst ist die Eigenart des Trägerstoffes von ausschlaggebender Bedeutung, da von dessen natürlicher Resistenz in der Prüfung der Erfolg des Imprägniermittels mit bedingt ist. Man wählt daher für die Untersuchung von Imprägniermitteln einen von den Termiten möglichst leicht angreifbaren Standardstoff für jede Stoffkategorie. Zur Feststellung der Widerstandsfähigkeit an vollsynthetischen Stoffen, die bereits im nicht imprägnierten Zustand auf Grund der Termitenfestigkeit ihrer Rohfasern vor Fraß geschützt sein sollen, wird eine Qualität als Standardstoff verwendet, die unter Bedingungen, welche für das Versuchstier optimal sind, gerade noch schwach beschädigt werden kann, um auf diesem Wege die Angriffsbereitschaft der Versuchstiere zu überwachen.

Bei der Untersuchung zahlreicher Stoffqualitäten im unbehandelten Zustand haben sich erhebliche Resistenzunterschiede herausgestellt, die in der Hauptsache auf die natürliche Widerstandskraft des verwendeten Rohmaterials, nebenbei jedoch auch auf die Art des Verarbeitungsvorganges

zurückgeführt werden. Wollstoffe haben eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit, Viscose-Stoffe weisen besonders starke Beschädigungen auf, Acetat-Kunstseiden sind im Durchschnitt viel weniger befressen als Viscose-Stoffe. PeCe-Stoff blieb bei kurzer Prüfdauer vom Fraß verschont, Kupferkunstseiden sind ebensosehr empfindlich wie Viscose-Stoffe, Halbseide-Satin zeigt geringfügige Fraßstellen, Vistra-Stoffe halten der Termiteneinwirkung nicht stand, Baumwollstoffe sind relativ sehr widerstandsfähig. Auch Besonderheiten der Struktur des Stoffes können von Bedeutung sein. So sind die glatten Satin-Ausfertigungen der untersuchten Stoffkategorien verhältnismäßig resistent. Durch Kombination geeigneten Rohmaterials mit zweckmäßiger Verarbeitung, Ausfertigung und Nachbehandlung läßt sich vermutlich die natürliche Widerstandsfähigkeit der Textilien steigern.

Beim Gebrauch und Lagern von Stoffen besteht die Möglichkeit einer nachteiligen Zustandsänderung des Imprägniermittels oder strukturlichen Änderung synthetischer Fasern. Daher wurden an Hand von Beispielen Methoden angegeben zur Nachprüfung der an fabrikneuen Stoffen gewonnenen Ergebnisse auch im Gebrauchszustand mittels Feststellung des Einflusses von feuchtwarmer Luft, Wasser, Beschmutzung und Wäsche. Eine am fabrikneuen Material befriedigende Termitenfestigkeit kann durch derartige, im täglichen Gebrauch der Stoffe unvermeidliche Einwirkungen erheblich herabgesetzt werden. Dabei muß nicht immer, wie die verwendeten Beispiele zeigen, das im fabrikneuen Zustand des Stoffes am besten wirkende Imprägniermittel auch bei der Gebrauchsechtheitsprüfung am besten abschneiden. Die meisten Imprägniermittel haben noch den Mangel einer zu geringen konservierenden Wirkung.

Die Untersuchungen vollsynthetischer Stoffe sind zunächst sehr befriedigend verlaufen, wenn auch noch Verbesserungen nötig sind. Hervorzuheben ist die verhältnismäßig sehr große Widerstandskraft gegen Termiteneinwirkung ohne die Notwendigkeit der Imprägnierung. Ferner ist von großem Vorteil die im Vergleich zu den bisher gewohnten Stoffarten bedeutend geringere Zustandsänderung der Termitenfestigkeit im Gebrauch.

D. Schrifttum

BECKER, G., 1942 a, Der Einfluß verschiedener Versuchsbedingungen bei der „Termitenprüfung" von Holzschutzmitteln unter Verwendung von *Calotermes flavicollis* als Versuchstier. Wiss. Abh. d. Deutschen Materialprüfungsanstalten **2**, 55—66.

— — 1942 b, Prüfung von Textilien auf „Termitenfestigkeit". Melliand Textilberichte, Heidelberg Nr. 11/12, 9 Seiten.

Becker, G., Schulze, B., und Schulz, Erna, 1942, Prüfung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln gegen Termiten. Wiss. Abh. d. Deutschen Materialprüfungsanstalten **2**, H. 3, 40—55.

Gösswald, K., 1937, Richtlinien zur Dauermassenzucht der Kleidermotte *Tineola biselliella* Hum. Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Nr. 55, 205—208.

— — 1939, Richtlinien zur beschleunigten Heranzucht von Larven des Hausbocks *Hylotrupes bajulus* L. Nachrichtenblatt f. d. Deutsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 3, 17—19.

— — 1941 a, Prüfung von Materialien auf Termitenfestigkeit. Mitt. Biol. Reichsanstalt f. Land- u. Forstw. Nr. 65, S. 34.

— — 1941 b, Massenzucht von Termiten. Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Nr. 65, 35—36.

— — 1942 a, Einiges über die Zucht der Termiten und die Prüfung von Materialien auf Termitenfestigkeit. Der prakt. Desinfektor H. 4/5, 37—39 u. 47—50.

— — 1942 b, Methoden der Untersuchung von Termitenbekämpfungsmitteln. A. Prüfung von Materialien auf Termitenfestigkeit. Kolonialforstl. Mitt. 5, 343—377.

— — 1942 c, Sind die Termiten nützlich oder schädlich? Europ. Wissenschaftsdienst **3**, 28—29.

— — 1943 a, Zur Prüfung von Vorbeugungs- und Bekämpfungsmitteln gegen Termiten. Anzeiger f. Schädlingskunde 19, 13—21 u. 30—34.

— — 1943 b, Richtlinien zur Zucht von Termiten. Zeitschr. angew. Entomologie **30**, 297—316.

Hase, A., 1932, Über die Dauerwirkung des Mottenschutzes durch Eulan. I. Teil. Über 10 Jahre lang bestehende Mottenechtheit von Wolle durch Imprägnierung mit „Eulan F." Anz. f. Schädlingskunde **8**, H. 7.

— — 1933 a, Über die Dauerwirkung des Mottenschutzes durch Eulan. II. Teil. Über Jahre lang bestehende Mottenechtheit von Wolle durch Imprägnierung mit „Eulan neu". Anz. f. Schädlingskunde **9**.

— — 1933 b, Über die Dauerwirkung des Mottenschutzes durch Eulan. III. Teil. Langfristige Reihenversuche an mit „Eulan NK.", „Eulan W extra" und „Eulan neu" behandelten Wollproben. Anz. f. Schädlingskunde **9**.

— — 1937, Richtlinien zur biologischen Prüfung von Wollschutzmitteln. Mitt. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. H. 55, 193—203.

— — 1942, Über das Problem „Termitenfeste Gewebsausrüstung". Melliand Textilberichte **23**, 35—36.

Herfs, A., 1932 a, Dermestiden als Schädlinge an Wolltextilien. Melliand Textilberichte, Heidelberg, Nr. 5, 6, 7.

— — 1932 b, Über den Teppichkäfer und seine Bekämpfung. Nachrichten über Schädlingsbekämpfung Nr. 4, Leverkusen.

— — 1936, Ökologisch-physiologische Studien an *Anthrenus fasciatus* Herbst. Zoologica 34, Lief. 1/2, H. 90, 96 Seiten.

Kofoid, Ch. A., 1936, Termite and Termite control. Univ. Calif. Press. Berkeley, 2. Aufl., 795 Seiten.

Liese, J., 1941, Gebäudeschutz gegen tierische und pilzliche Schädlinge in den Tropen. Zentralbl. d. Bauwelt, vereinigt mit Zeitschr. f. Bauwesen.

— — 1942, Schutzbehandlung kolonialer Holzarten. Tropen- und Kolonialtechnik 84—92.

Meckbach, E., 1921, Mottenechte Wolle mittels Eulan. Bayer. Textilber. über Wissenschaft, Industrie und Handel. Melliand Textilber. Nr. 18 u. 19, J. II.

Seifert, Liselotte, 1942, Untersuchungen über die Termitenfestigkeit tropischer Nutzhölzer. I. Teil. Prüfung der natürlichen Resistenz. Kolonialforstl. Mitt. 5, 265—274.

Seifert, Liselotte, 1943, Untersuchungen über die Termitenfestigkeit tropischer Nutzhölzer. II. Teil. Der Nachweis insektizider Inhaltsstoffe und ihre Isolierung durch Extraktion. Kolonialforstl. Mitt. 5, 438—448.

Williams und Kofoid, 1936, Texts on Wollboards and insulating materials. Rep. 45, S. 574—576; aus Kofoid, 1926.

Nachdem die vorliegende Arbeit im Jahre 1943 abgeschlossen und in Druck gegeben worden war, erschien folgende im Zusammenhang mit der Prüfung von Textilien auf Termitenfestigkeit wichtige Arbeit, in der auch auf den Einfluß der Belichtung von Stoffen hingewiesen wird:

Becker, G. und Sommer, H., 1946, Über die Berücksichtigung der Gebrauchseinflüsse bei der Prüfung von Textilien mit Sonderausrüstung auf Termitenfestigkeit. Melliand Textilberichte Nr. 8, 247—251.

(Aus dem Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem)

Beiträge zur Ökologie der Hausbockkäfer-Larven

Von

Günther Becker

Mit 8 Abbildungen

Inhalt:

I. Aufgabe der Untersuchungen. — II. Allgemeines über die Durchführung. — III. Versuche über den Wärmeeinfluß. 1. Temperatur-Optimum. 2. Wirkung wechselnder Wärme. 3. Temperaturgrenzen für das Larvenwachstum. — IV. Larvenwachstum bei höherer Holzfeuchtigkeit. — V. Einfluß der unterschiedlich bedingten Anfangsgröße auf das Larvenwachstum. 1. Eigröße und Herkunft des Geleges. 2. Umweltbedingungen während der Embryonalentwicklung. — VI. Schlüpfen, Wahlvermögen und Hungerfähigkeit der Eilarven. — VII. Wachstumsbeschleunigung durch geeignete Larvenernährung. 1. Bisherige Ergebnisse. 2. Der wirksamste Eiweißzusatz zum Holz. 3. Der Einfluß von Hefe und Vitamin B. — VIII. Die Abhängigkeit der Verpuppung von Außenbedingungen. — IX. Arbeitsanweisung zur Haltung und schnellstmöglichen Aufzucht der Hausbockkäfer-Larven. — X. Zusammenfassung der Ergebnisse. — Schrifttum.

I. Aufgabe der Untersuchungen

Für ein schädliches Insekt von größerer wirtschaftlicher Bedeutung, das wirksam bekämpft werden soll und dementsprechend zu einem wichtigen Versuchstier wird, ist eine möglichst umfassende Erforschung aller Lebenserscheinungen erwünscht, wenn nicht sogar unentbehrlich. Die im folgenden mitgeteilten Beiträge zur Ökologie der Hausbockkäfer-Larven *(Hylotrupes bajulus* L.) sollen einige zum Teil wesentliche Lücken in der Kenntnis dieses gefährlichsten einheimischen Holzzerstörers schließen helfen.

So war aus mehreren Gründen die genaue Bestimmung des Temperaturoptimums und der Grenzen für die Larvenentwicklung sowie eine Untersuchung über die Wirkung wechselnder Wärme erforderlich, nachdem bei den bisherigen Versuchen stets nur mit gleichbleibenden Wärmestufen gearbeitet worden war. Die Anwendung von Wechseltemperaturen ist bei dem bekannten Mangel an Erfahrungen auf diesem Gebiet gleichzeitig für die allgemeine Ökologie von Wert.

Über die Wirkung höherer Holzfeuchtigkeit, als sich bei gesättigter Luftfeuchtigkeit einstellt, lagen bisher keine Ergebnisse vor. Für die

Beurteilung des Massenwechsels der Art im Freien waren hier also — in der Versuchsausführung nicht ganz einfache — Prüfungen erforderlich.

Die starken Unterschiede in der Größenzunahme der Tiere auch unter gleichen Bedingungen und die erforderliche Beachtung dieser Erscheinung bei der Schutzmittelprüfung gab die Veranlassung, den Einfluß der verschieden bedingten Anfangsgröße der Eilarven auf das Wachstum einmal zu verfolgen. Im Anschluß daran sollen einige Beobachtungen über das Schlüpfen, das Wahlvermögen und die Hungerfähigkeit der Eilarven mitgeteilt werden.

Ein weiterer Teil der Arbeit enthält die Ergebnisse von Versuchen, die bereits früher erreichte Beschleunigung der Larvenentwicklung durch geeignete Nahrungsansätze weiter zu steigern. Die dadurch ermöglichte weitgehende Abkürzung der unter natürlichen Verhältnissen sehr langen Entwicklungsdauer ist für laufende Aufgaben der Holzschutzmittelprüfung von großem Nutzen.

Schließlich sind verschiedene Beobachtungen und Versuche über den Eintritt der Verpuppung sowie über die durch Außenbedingungen verursachte Hemmung und Auslösung dieses Vorganges zusammengestellt.

II. Allgemeines über die Durchführung[1])

Es wurde besonders darauf geachtet, alle Bedingungen — wenigstens innerhalb einer jeden zusammengehörigen, in sich abgeschlossenen Versuchsreihe — so einheitlich und gleichbleibend wie möglich zu gestalten. Temperatur und Feuchtigkeit waren — abgesehen von den Versuchen mit wechselnden Bedingungen und gewissen, nicht zu vermeidenden, geringfügigen Schwankungen — konstant. Besonders zu berücksichtigen ist die Gleichheit der Voraussetzungen bezüglich der Ernährung der Tiere, da mit Holz als Grundnahrung gearbeitet wurde, das innerhalb desselben Stammes einen sehr wechselnden Nahrungswert für die Tiere besitzt (K. SCHUCH, 1937 b, G. BECKER, 1942 a).

Die verwendeten Holzklötzchen hatten $5 \times 2{,}5 \times 1{,}5\ cm^3$ Abmessungen (5-cm-Kante in Stammrichtung). Sie waren sorgfältig aus gleichmäßig gewachsenem, astfreien und harzarmen Kiefernsplintholz ausgewählt und wurden für die Versuche, ihrer ehemaligen Lage im Stamm entsprechend, fortlaufend in Stammrichtung verwendet, indem die einzelnen Tiere der verschiedenen zu einer Versuchsreihe gehörigen Bedingungen abwechselnd nacheinander in die aufeinanderfolgenden Klötzchen eingesetzt wurden. Die Voraussetzung der Gleichheit der Nahrungsbedingungen wurde somit so weitgehend wie möglich erfüllt, und mit Rücksicht darauf wurde auch die Klötzchengröße so klein gewählt.

Die Larven wurden vor den Versuchen mehrere Wochen lang, die Eier während der Embryonalentwicklung unter einheitlichen Bedingungen gehalten, um Fehler zu vermeiden und die an und für sich hohe Streuung der Werte möglichst gering zu halten. Da die Wachstumsgeschwindigkeit in (nicht linearer) Abhängigkeit von der Größe verschieden ist (G. BECKER, 1942 a), wurden die Tiere 1. für jede Versuchsreihe aus einem möglichst

[1]) Für unermüdliche Hilfe bei den Versuchen danke ich Frl. I. POPPE.

begrenzten Größenbereich genommen und 2. vor den Versuchen dem Gewicht nach geordnet und dann gleichmäßig auf die Einzelgruppen einer Versuchsreihe verteilt, so daß Fehler und Schwankungen auch von dieser Seite her nach Möglichkeit ausgeschaltet wurden.

Als Maßstab für den Einfluß der verschiedenen Bedingungen diente die Gewichtszunahme der Larven innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Dazu wurden die Tiere nach ein- bis zweitägigem Hungern auf einer Analysenwaage auf 0,1 mg genau gewogen. Die Versuchsdauer betrug bei den älteren Larven fast ohne Ausnahme 70 (68—71) Tage, bei den Eilarven indessen länger (3—10 Monate).

Daß man von der Gewichtsveränderung der Larven in verhältnismäßig kurzfristigen Versuchen nicht eindeutige Schlüsse auf den Einfluß der geprüften Bedingungen für die Gesamtentwicklung, Sterblichkeit und Fruchtbarkeit der Art ziehen kann, hat bereits K. Schuch (1937 a, b, 1938) betont. Für die vorliegenden Fragestellungen reichen die Versuchszeiten indessen aus.

Um zur Beschleunigung des Larvenwachstums innerhalb kurzer Versuchszeiten stärkere Unterschiede in der Gewichtszunahme auf Grund der geprüften Bedingungen zu erhalten, wurden die Holzklötzchen bei zahlreichen Versuchsserien mit Pepton als Eiweißzusatz angereichert. Die Tränkung mit den Peptonlösungen bzw. -aufschwemmungen erfolgte im Unterdruckverfahren, wie es an anderer Stelle bei ähnlichen Versuchen (G. Becker, 1942 a) beschrieben worden ist. Die Aufnahme an Pepton ist jeweils in den Tafeln angegeben. Weitere erwähnenswerte Einzelheiten der Versuchsausführung sind an entsprechender Stelle beschrieben.

III. Versuche über den Wärmeeinfluß

1. Temperaturoptimum

Der Hausbockkäfer *(Hylotrupes bajulus* L.) ist innerhalb unserer deutschen Tierwelt, der holzfressenden Insekten und auch unter den einheimischen Cerambyciden ein besonders wärmeliebendes Tier, wie die Untersuchungen von K. Schuch (1937) über die Larvenentwicklung, P. Steiner (1937) über die Embryonalentwicklung und K. Herter (1943/44) über die Vorzugstemperaturen von Larven und Käfern gezeigt haben. Eine genauere Festlegung des Temperaturoptimums und eine Berücksichtigung wechselnder Wärmebedingungen erschien aus praktischen Bedürfnissen erwünscht und ganz allgemein der Untersuchung wert, zumal die Versuche im Rahmen der ohnehin erforderlichen Haltung der Larven für Prüfungszwecke wenig Mehrarbeit erforderten.

Nach den Untersuchungen von K. Schuch (1937 b) über die Abhängigkeit der Larvenentwicklung von der Wärme an jüngsten und älteren *Hylotrupes*-Larven bei Anwendung gleichbleibender Umweltbedingungen liegt die untere Grenze für ein Larvenwachstum bei 10—12 °C, die obere zwischen 35 und 40 °, und am raschesten verläuft die Entwicklung bei ungefähr 28 ° oder etwas höherer Wärme. Die Lage der geprüften Temperaturpunkte (14,5 °, 21 °, 28 ° und 33 °) läßt eine genaue Festlegung der günstigsten Wärme nicht sicher zu.

Zur Feststellung, bei welcher Wärme sich die Larven unter günstigen Feuchtigkeitsbedingungen am raschesten entwickeln — gleichzeitig mit dem praktischen Ziel der schnellstmöglichen und geeigneten Weiterzucht —, wurden Eilarven und ältere Tiere verschiedener Größe bei 96—98 % relativer Luftfeuchtigkeit (über K_2SO_4-Lösung mit Bodenkörper), in einzelnen Versuchsreihen bei Ernährung mit unverändertem, in anderen in Kiefernsplintholz mit Eiweißzusatz („Peptonum e caseino" oder „Pepton 203" der Firma F. Witte, Rostock) bei 28 ° und 30 ° C gehalten. Die Abweichungen von diesen Wärmestufen betrugen etwa ± 0,3 ° C. Die Berücksichtigung verschiedener Feuchtigkeitsstufen war dabei vorerst nicht möglich.

Tabelle 1

Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven bei vergleichsweise 28 ° und 30 °. (Versuchsbedingungen: Konstante Temperatur, ~ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 70 Tage.)

Zusatz-Fütterung zu Kiefernsplintholz	Temperatur ° C	Anfangsgewicht der Larven in mg	Anzahl der Versuchstiere bei Versuchsende	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
				Versuchswert	bei „28 ° — Wert = 100"
„Pepton 203" (1 %)	28	0,6... 2,5	16	252	100
	30	0,8... 2,5	16	348	138
(Holz mit Baumkante)	28	5,0... 16	4	108	100
	30	5,2... 16	4	129	120
—	28	5,5... 18	3	42	100
	30	5,5... 21	3	52	124
„Pepton 203" (1 %)	28	1,4... 17	14	1129	100
	30	1,7... 17	13	1152	102
„	28	3,6... 21	10	854	100
	30	4,1... 28	12	997	116
„Pepton 203" . .	28	9,3 .. 29	15	466	100
	30	13 ... 25	6	448	96
„Peptonum pro bacteriol"	28	23 ... 81	6	118	100
	30	26 ... 84	6	121	102
„Pepton 203" . .	28	49 ... 82	5	348	100
	30	45 ... 81	6	251	72
— *)	28	48 ...245	8	32	100
	30	52 ...207	7	23	72
Abgerundete Mittelwerte aus mehreren Versuchsreihen .	28	1 ... 20	(4 Versuchsreihen)		100
	30				120
	28	4 ... 30	(2 Versuchsreihen)		100
	30				110
	28	30 ...250	(3 Versuchsreihen)		100
	30				80

Tabelle 1 enthält die Ergebnisse. Die 9 Einzelversuche sind annähernd nach dem Anfangsgewicht der Larven geordnet. Es zeigt sich,

*) Kürzere Versuchszeit.

daß das Verhältnis der durchschnittlichen Gewichtszunahme bei 28 ° und 30 ° verschieden ist, der Unterschied aber in offenbar gesetzmäßiger Beziehung zum Anfangsgewicht der Larven steht. Die jüngsten Larven wachsen bei 30 ° schneller als bei 28 °, für die älteren dagegen ist 28 °

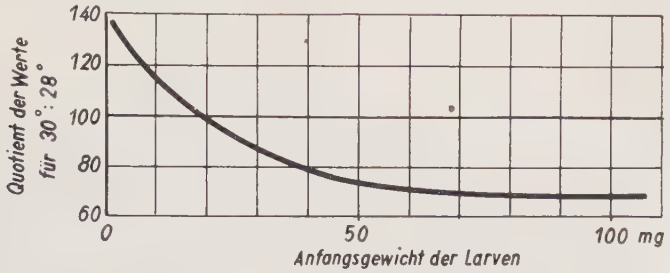


Abb. 1. Änderung des Temperaturoptimums für das Larvenwachstum von *Hylotrupes bajulus* L. in Abhängigkeit vom Anfangsgewicht der Tiere

günstiger als 30 °. Es liegt also kein einheitliches Temperaturoptimum für die gesamte postembryonale Entwicklungszeit vor, sondern die Temperatur, bei der jüngste und ältere Larven am raschesten wachsen, unterscheidet sich um mindestens 2 °. Die Abb. 1, 3 und 4 geben die ungefähren Verhältnisse wieder. Für Larven mit kleinerem Gewicht als etwa 25 mg erfolgt die Entwicklung oberhalb, für die größeren unterhalb 29 ° am schnellsten.

Der in Abb. 3 und 4 gegebenen graphischen Darstellung der Wachstumsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur für verschieden große Larven (unter zusammenfassender Auswertung der hier vorliegenden Versuche) liegen außer den in Tabelle 1 auch die in den Tabellen 2 und 3 angegebenen Versuchswerte zugrunde.

Bei früheren Untersuchungen wurde festgestellt, daß die Gewichtszunahme der Hausbocklarven bei 28 ° in annähernd linearer Funktion

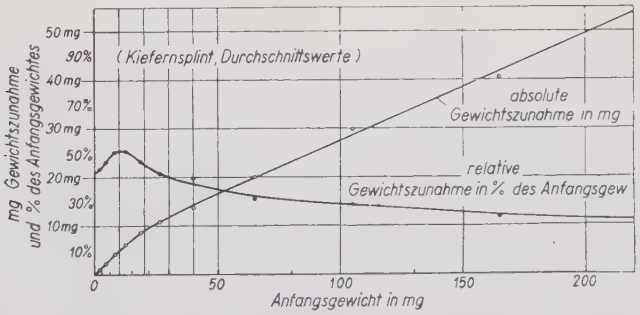


Abb. 2. Gewichtszunahme von Hausbocklarven. Abhängigkeit vom Anfangsgewicht (28° C, 90–93 % relative Luftfeuchtigkeit, Versuchsdauer 70 Tage) nach G. BECKER 1942

vom Anfangsgewicht erst von einer bestimmten Größe an, nämlich von etwa 40 mg an, abhängt (Abb. 2). Kleinere Tiere wachsen verhältnismäßig rascher; doch wurde aus dem Kurvenverlauf bereits damals erschlossen, daß „die verwendeten Klimabedingungen (28 °, 90—93 %

relative Luftfeuchtigkeit) anscheinend für die jüngsten Larven nicht optimal" seien. Ein Vergleich mit den neuen Ergebnissen zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung der Grenzen des Larvengewichts für die unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit mit denen für die Verschiebung des Temperaturoptimums der raschesten Entwicklung.

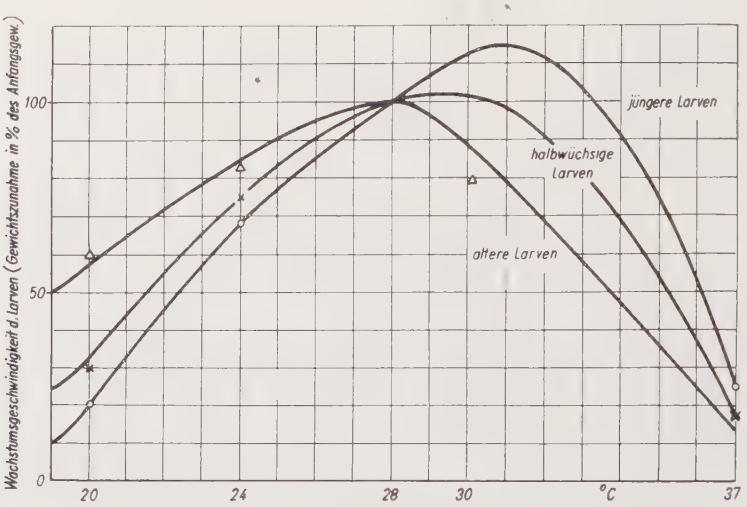


Abb. 3. Temperatureinfluß auf die Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven bei ∼ 97 % relativer Luftfeuchtigkeit; 28° als Bezugswert (= 100)

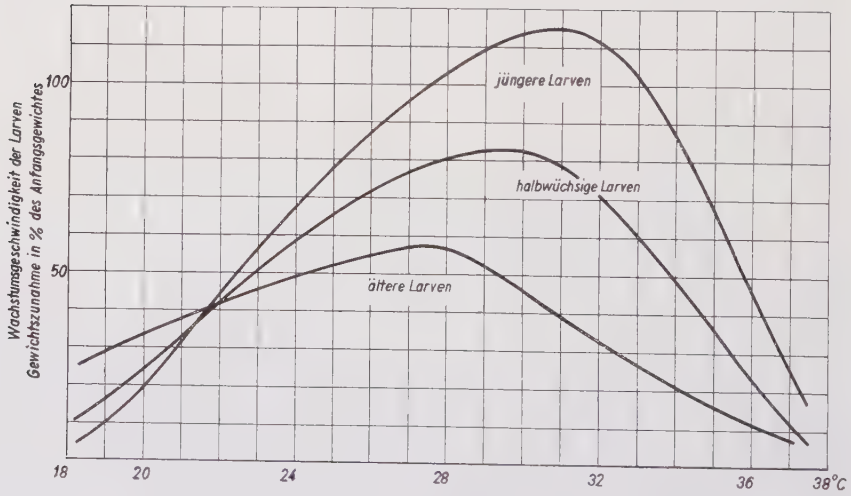


Abb. 4. Temperaturabhängigkeit der Wachstumsgeschwindigkeit verschiedener großer Hausbocklarven bei ∼ 97 % relativer Luftfeuchtigkeit

Die graphische Darstellung der Ergebnisse in Abb. 3, bei der sämtliche Versuchswerte auf die Verhältnisse bei 28 ° bezogen sind, zeigt in Übereinstimmung mit den früheren Versuchen von K. SCHUCH (1937 b), daß der Wachstumsunterschied zwischen 28 ° und 20 ° bei den jüngeren

Larven bedeutend größer ist als bei den älteren; gegen Temperaturen oberhalb des Optimums sind jedoch die letzteren anscheinend etwas empfindlicher als die ersteren.

Bei Versuchen von K. Schuch (1938) waren *Hylotrupes*-Eilarven bei 90 bis 93 % und bei 50—57 % relativer Luftfeuchtigkeit in dauernder Wärme von 33 ° deutlich langsamer gewachsen als bei 28 °, bei 72—77 % dagegen ergab sich bei beiden Temperaturen annähernd gleiche Gewichtszunahme. Hier fehlen noch weitere Untersuchungen über die Abhängigkeit des Temperaturoptimums von der Feuchtigkeit.

E. Janisch (1938) hat experimentell gezeigt, daß schnellste und optimale Entwicklung hinsichtlich eines Umweltfaktors nicht zusammenzufallen brauchen, sondern z. B. für die Nonne *(Lymantria monacha* L.) bei verschiedener Wärme erfolgen. Er betont dabei den Mangel an entsprechenden Unterlagen für andere Insekten. Die Versuche, die diese wichtige Frage des Temperaturoptimums auch für die Hausbocklarven verfolgen sollten, konnten leider infolge der Kriegsverhältnisse nicht beendet werden.

2. Wirkung wechselnder Wärme

Bei den meisten bisherigen Laboratoriumsversuchen ist mit gleichbleibenden Wärmestufen gearbeitet worden, also unter Verhältnissen, wie sie in der Natur nur selten für längere Zeit verwirklicht sind. Nur für gewisse Vorratsschädlinge im Innern von Gebäuden bleiben die Umweltbedingungen mehr oder weniger lange unverändert.

Besonders K. Friederichs (1930), O. Kaufmann (1932), W. Speyer (1937), F. Schwerdtfeger (1942) und F. Stellwaag (1944) haben betont, wie dringend die Berücksichtigung wechselnder Temperaturbedingungen neben den ausgedehnten Erfahrungen über den Einfluß gleichbleibender Wärmestufen im Laboratorium ist. Die drei letztgenannten Arbeiten enthalten ausführliche Übersichten über die bisherigen Ergebnisse und Schrifttumsangaben.

Die Lebensweise der Hausbocklarven im Innern des Holzes mit seiner verhältnismäßig geringen Wärmeleitfähigkeit schützt sie zwar vor raschen Temperaturveränderungen; für die Beurteilung ihrer Wachstumsgeschwindigkeit unter natürlichen Verhältnissen erschien es aber wichtig zu sein, auch wechselnde Bedingungen zu prüfen und dabei festzustellen, ob vielleicht gleichbleibende Wärmeverhältnisse auf die Dauer ungünstig und bei der Haltung und Aufzucht der Larven zu vermeiden seien.

Zur Vereinfachung wurde zwischen jeweils zwei Wärmestufen gewechselt, vorzugsweise zwischen 28 ° und 20 °, daneben zwischen 28 ° und 5 ° sowie zwischen 24 ° und 37 °. Der erste Fall entspricht etwa den Tages- und Nachttemperaturen der Luft auf Dachböden während vieler Sommertage; bei der zweiten Bedingung sollte die Nahrungsaufnahme der Tiere für eine gewisse Zeit ganz ausgeschaltet werden; die dritte sollte den Einfluß sehr hoher zeitweiliger Wärme, wie sie im Sommer in besonntem Holz im Freien entsteht, beurteilen helfen. Über die während der Sommermonate auf Dachstühlen herrschenden tatsächlichen Temperaturverhältnisse findet man Angaben bei K. Schuch (1938). — Die Klötzchen befanden sich in flachen (etwa 25 mm hohen) Glasschalen. Ihre Abkühlung bzw. Erwärmung bei Temperaturwechsel erfolgte entsprechend verzögert.

Bei der Zusammenstellung der Ergebnisse in den Tabellen 2 und 3 wurde davon abgesehen, die eigentlichen Versuchswerte der verschiedenen Untersuchungsreihen im einzelnen wiederzugeben, um nicht die Übersichtlichkeit der Tafeln

durch Mitteilung allzu vieler Zahlen zu erschweren. Vielmehr ist jeweils nur die durchschnittliche Gewichtszunahme in Prozent des Anfangsgewichts, und zwar einheitlich umgerechnet auf den = 100 gesetzten Wert für „28° const.", angegeben. Aus jeweils mehreren Versuchsreihen wurden weitere Mittelwerte errechnet, die auch für die zusammenfassende graphische Darstellung in Abb. 5 verwendet wurden.

Tabelle 2

Einfluß wechselnder Temperatur-Bedingungen auf die Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven. (Fütterung: Kiefernsplintholz mit und ohne Eiweißzusatz; ∼ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: bei Eilarven 3 bzw. 6 Monate, bei anderen Larven 70 Tage.)

	Anfangsgewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes bei einheitlicher Umrechnung auf „Wert für 28° const." = 100							
		Versuchsbedingungen							
		28° const.	20° const.	28°: 2 Tage 20°: 5 Tage	28°: 5 Tage 20°: 2 Tage	28°: 8 Std. 20°: 16 Std.	28°: 16 Std. 20°: 8 Std.	28°: 2 Tage 5°: 5 Tage	28°: 5 Tage 5°: 2 Tage
Einzelversuchsreihen	Eilarven (3 Monate)	100	51	31	93	49	102	19	39
	Eilarven (3 Monate)	100	—	—	73	73	—	—	59
	Eilarven (6 Monate)	100	57	86	151	133	167	71	158
	2...22 . .	100	18	68	100	—	—	12	20
	6...30 . .	100	18	43	45	51	55	26	38
	8...31 . .	100	47	87	87	69	87	—	—
	8...60 . .	100	25	45	63	56	—	21	38
	31...80 . .	100	51	53	79	95	100	22	79
	31...100 . .	100	67	67	86	93	122	—	—
	30...105 . .	100	61	75	83	104	116	—	—
	30...110 . .	100	70	126	130	100	141	—	—
	71...360 . .	100	57	124	130	67	132	71	108
Abgerundete Mittelwerte zum Teil aus mehreren Versuchsreihen:	Eilarven (3 Monate)	100	50	30	80	60	100	20	50
	Eilarven (6 Monate) 2...60	100	60	90	150	130	170	70	160
	(4 Versuchsreihen) . . 30...110	100	30	60	70	60	70	20	30
	(4 Versuchsreihen) . .	100	60	80	95	100	120	—	80
	71...360 . .	100	60	120	130	70	130	70	110

Auch bei diesen Versuchen erwies es sich als zweckmäßig, daß von vornherein verschieden große Tiere berücksichtigt wurden. Grundsätzlich ergibt sich nämlich aus den erhaltenen Zahlenwerten, daß jüngste Larven in 70 Tagen bei dauernder Wärme von 28° rascher wachsen als bei einem Wechsel zwischen 28° und 20°; etwas ältere Tiere (von ungefähr 50 mg Anfangsgewicht an) dagegen zeigen bei Wärmewechsel ein größeres Endgewicht als bei gleichbleibend 28°; in der Größe da-

Tabelle 3

Einfluß wechselnder Temperaturbedingungen auf die Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven. (Fütterung: Kiefernsplintholz mit und ohne Eiweißzusatz; 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 70 Tage.)

	Anfangsgewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes bei einheitlicher Umrechnung auf „Wert für 28° const." = 100						
		Versuchsbedingungen						
		28° const.	24° const.	37° const.	20° const.	24°: 16 Std. 37°: 8 Std.	28°: 7 Tage 20°: 7 Tage	28°: 3 Tage 20°: 4 Tage
Einzelversuchsreihen	5... 20	100	68	12	20	63	78	98
	11... 15	100	—	37	—	61	—	99
	7... 40	100	81	20	18	67	65	96
	8... 30	100	68	9	47	67	186	126
	8... 73	100	—	—	—	—	77	—
	31...105	100	83	19	61	87	131	123
Abgerundete Mittelwerte	5...20 (2 Versuchsreihen)	100	70	25	20	60	80	100
	7...73 (3 Versuchsreihen)	100	75	15	30	70	110	110
	31...105	100	80	20	60	90	130	120

zwischen liegende Tiere nehmen eine Mittelstellung ein. Eilarven zeigten bei etwa dreimonatiger Versuchsdauer Ergebnisse wie die jüngsten Larven, bei etwa sechsmonatiger Versuchszeit dagegen wie ältere Larven.

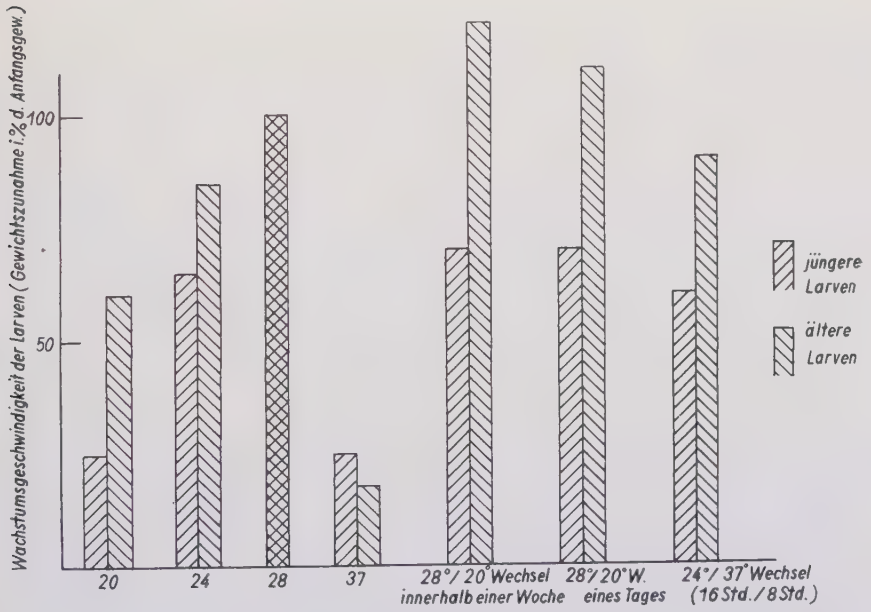


Abb. 5. Einfluß eines regelmäßigen Temperaturwechsels im Vergleich zu gleichbleibenden Wärmestufen auf die Wachstumsgeschwindigkeit verschieden großer Hausbocklarven

Während also jüngste Hausbocklarven durch gleichbleibende Wärme von 28 ° nicht nur nicht geschädigt werden, sondern ein Wärmewechsel für sie eine der Wärmesumme etwa entsprechende Herabsetzung der Gewichtszunahme zur Folge hat, führt umgekehrt bei etwas größeren Tieren eine regelmäßige zeitweilige Herabsetzung der Temperatur nicht nur nicht zu einer Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit, sondern sogar zu deren Erhöhung. Dabei ist es offenbar — soweit die üblicherweise stark streuenden Ergebnisse eine Beurteilung zulassen — nicht sehr wesentlich, ob das Zeitverhältnis von 28 ° — zu 20 ° — Aufenthalt wie 3 : 4 oder 7 : 7 oder 5 : 2 Tagen ist. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich bei den Versuchsreihen 28 ° : 20 ° für 2 : 5 und für 5 : 2 Tage sowie für 8/16 und für 16/8 Stunden. Für die Wachstumsgeschwindigkeit älterer Larven erwies sich ein Temperaturwechsel im Abstand von jeweils mehreren Tagen als günstiger als im Abstand von 8 und 16 Stunden. Bei Erniedrigung der Temperatur auf 20 ° lagen die durchschnittlichen Endgewichte der Larven im allgemeinen etwas höher als bei zeitweiliger Abkühlung auf ∼ 5 ° C. — Ein regelmäßiger Wechsel von 24 ° und 37 ° im Verhältnis von 8 zu 16 Stunden ergab in allen Fällen ein langsameres Larvenwachstum als bei dauernd 28 °.

Warum die Hausbocklarven von einer bestimmten Größe an bei Wärmewechsel rascher wachsen als bei dauernd optimaler Temperatur und warum sich die jüngsten Tiere anders verhalten, kann nicht eindeutig erklärt werden. Die Larven fressen nur während eines Teiles der Aufenthaltszeit im Holz. Wie die Versuche zeigen, reichen schon fast 20 % der Zeit in optimaler Wärme dazu aus, etwa dasselbe Endgewicht zu erzielen wie bei dauernden günstigen Bedingungen. Ob die abwechselnde Temperaturerhöhung eine Reizwirkung zu stärkerem Nagen und Fressen verursacht oder gleichbleibende Wärme die Vitalität schädigt, muß dahingestellt bleiben. Für die Haltung der Tiere im Laboratorium sollte jedenfalls das ökologisch bemerkenswerte Ergebnis der Versuche beachtet werden.

Schließlich sei noch auf die Ergebnisse einer anderen Versuchsreihe hingewiesen, bei der neben der Temperatur auch die Feuchtigkeit geändert wurde. Eilarven wurden 10 Monate lang in Kiefernsplintholz bei folgenden Bedingungen gehalten:

1. dauernd bei 28 ° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit;
2. je 3 Wochen lang bei 28 ° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit, 1 Woche lang bei 20 ° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit;
3. je 3 Wochen lang bei 28 ° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit, 1 Woche lang bei 20 ° über Calciumchlorid (Salz);
4. je 3 Wochen lang bei 28 ° und ungefähr 97 % relativer Luftfeuchtigkeit, 1 Woche lang bei ∼ 5 ° ohne Feuchtigkeitsregelung.

Das durchschnittliche Endgewicht der Larven nach 10 Monaten betrug bei 1. 21 mg, 2. 32 mg, 3. 22 mg, 4. 28 mg. Bei den wechselnden Bedingungen ist also sogar bei Herabsetzung der Holzfeuchtigkeit über trockenem Calciumchlorid neben der Temperatursenkung keine Verminderung des Endgewichtes zu beobachten; bei gleichbleibender bzw. bei ∼ 5 ° etwas verminderter Holzfeuchtigkeit dagegen erreichten die

Tiere, wenn die Temperatur einmal im Monat für eine Woche lang herabgesetzt wurde, ein deutlich höheres Gewicht als bei dauernd optimaler Wärme. Das Ergebnis entspricht also den anderen Eilarvenversuchen mit längerer Laufzeit. Bei diesen Versuchen kommt jedoch als wesentliche Beobachtung hinzu, daß die (verhältnismäßig hohe) Sterblichkeit bei den Bedingungen 3. und 4. nur etwa halb so groß war wie bei 1. und 2. Offenbar wirkt sich also nicht nur ein Temperaturwechsel, sondern auch ein Wechsel der Feuchtigkeit auf die Larven günstig aus.

3. Temperaturgrenzen für das Larvenwachstum

Die vorliegenden Versuchsergebnisse lassen einige Schlüsse auf die Grenzen des Bereiches zu, in dem ein Wachstum der *Hylotrupes*-Larven möglich ist. Die Angaben beziehen sich allerdings nur auf eine einzige dauernd eingehaltene Feuchtigkeitsstufe von $\sim$ 97 % relativer Luftfeuchtigkeit.

Die untere Grenze für das Larvenwachstum liegt nach K. Schuch (1937 b, 1938) bei 10—12 ° C. Nach den Zahlenwerten in Tabelle 3, die zusammen mit anderen Ergebnissen in Abb. 4 verwertet sind, wachsen nicht nur junge Larven bei 20 ° im Vergleich zu günstigeren Temperaturen langsamer als ältere Tiere, sondern anscheinend liegt auch die Grenze für eine Gewichtszunahme bei kleinen Tieren etwas höher als bei großen. Extrapolation der hier vorliegenden Werte führt für ältere Larven zu der von K. Schuch angegebenen Grenze von 10—12 °; das Wachstum der jüngsten Larven dürfte bereits bei 14—16 ° aufhören.

Die obere Wachstumsgrenze ist offenbar für junge und alte Tiere nicht sehr verschieden; sie liegt bei 38 ° C. Wahrscheinlich hört bei kleinsten Larven die Gewichtszunahme bei etwas geringerer Temperatur auf als bei größeren. Die obere Grenze liegt — wie die Temperatur für die schnellste Entwicklung und die Vorzugstemperatur nach K. Herter — bemerkenswert hoch.

Der geringere Umfang des Temperaturbereiches, in dem Wachstum stattfinden kann, bei jüngeren im Gegensatz zu älteren Tieren entspricht den Ergebnissen für Larven von *Anobium punctatum* de Geer (G. Becker, 1942 c).

Unbekannt ist noch die Abhängigkeit der Wachstumsgrenzen (wie der optimalen Temperatur) von der Feuchtigkeit. Fraglich ist auch noch, ob Lebensalter oder Körpergewicht die unterschiedliche Temperaturabhängigkeit der Larven bedingen.

IV. Larvenwachstum bei höherer Holzfeuchtigkeit

Die Larven des Hausbockkäfers zeichnen sich vor allen übrigen einheimischen Holzschädlingen dadurch aus, daß die Grenze ihrer Lebensfähigkeit bei einem besonders niedrigen Feuchtigkeitswert liegt (K. Schuch, 1937 b, G. Becker, 1943 b). Das Larvenwachstum hört nach K. Schuch erst bei einer dauernden relativen Luftfeuchtigkeit unterhalb etwa 45 %, entsprechend etwa 9—10 % Holzfeuchtigkeit — anscheinend in Abhängigkeit von der Larvengröße bei etwas verschiedenen Werten — auf; am raschesten erfolgt es nach seinen

Untersuchungen bei gesättigter Luftfeuchtigkeit, bei der sich für Kiefernholz eine Holzfeuchtigkeit von ungefähr 27—28 % einstellt.

Das im Freiland verbaute Holz wird oft stärker vom Regen durchfeuchtet und dadurch für längere Zeit mehr oder weniger naß. Zur Beurteilung des Massenwechsels der Art im Freien und der Lebensmöglichkeit in stärker durchfeuchtetem Holz war es erforderlich, auch Holzfeuchtigkeitsstufen oberhalb der bei 27—28 % liegenden Fasersättigung zu berücksichtigen, zumal es sich zeigte, daß beispielsweise die günstigste Voraussetzung für das Wachstum mittelgroßer Mulmbocklarven (*Ergates faber* L.) bei etwa 60 % Holzfeuchtigkeit liegt und sehr nasses Holz von etwa 100 % Wassergehalt noch für Monate ertragen wird (G. BECKER, 1943 a).

Tabelle 4

Einfluß höherer Holzfeuchtigkeit oberhalb des Fasersättigungspunktes auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven (Kiefernsplintholz; 28° C; Versuchsdauer: 70 Tage).

Anfangsgewicht der Larven in mg	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Mittlere Holzfeuchtigkeit in % des Trockengewichts	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
			Versuchswert	„Wert bei 24 % Holzfeuchte" = 100
12.. 90	4	~ 24	11,7	100
	5	27...28	21,7	185
	4	33...36	11,6	99
	3	42...47	28,6	245
	5	53...55	36,3	315
	8	57...61	23,0	196
12...107	10	~ 24	17,3	100
	4	27...28	27,7	160
	8	33...35	11,2	65
	7	43...46	23,1	134
	8	54...56	33,0	191
	4	62...64	18,3	106
	6	80...82	4,8	28
14...110	6	~ 24	21,1	100
	4	33...36	10,8	51
	4	44...46	19,0	90
	3	53...56	26,6	126
	6	62...67	10,1	48
	6	78...82	4.8	23
40...51	3	~ 24	103,6	100
	2	34...36	64,3	62
	2	43...46	80,5	78
	2	52 ..54	91,2	88
	3	60...62	92,8	90
	2	77...80	36,1	35
15...100	11	~ 24	44.3	100
	12	34...36	44,8	101
	9	45...50	44,2	99
	11	55...57	52,0	117

Für diese Versuche wurden Klötzchen aus Kiefernsplintholz bei 103° gedarrt, nach Erkalten im Exsikkator gewogen und während der Versuche in gleichmäßigen Zeitabständen so weit befeuchtet, daß sie die gewünschte Wassermenge enthielten. Da sie auf feuchtem Filtrierpapier in einer geschlossenen Glasschale lagen, veränderte sich ihre regelmäßig durch Wägung auf einer Schnellwaage bestimmte Feuchtigkeit wenig. Der infolge des Larvenfraßes entstehende Fehler bei der Feuchtigkeitsberechnung wurde, da er nur gering ist, nicht berücksichtigt.

Es erwies sich als zweckmäßig, die größeren Wassermengen erst nach 1—2 wöchigem Einbohren der Larven in das Holz einzubringen. Setzt man die Tiere sofort in nasses Holz, so bohren sie darin nicht oder schlecht weiter und gehen meist nach einiger Zeit ein. Erfolgte die Durchfeuchtung des Holzes erst später, so wurde diese hohe Sterblichkeit nicht beobachtet, und die Larven fraßen weiter.

Die Ergebnisse der Versuche mit meist von 10 zu 10 % abgestufter Holzfeuchtigkeit sind in Tabelle 4 und in Abb. 6 zusammengestellt. Wiederum schwanken die Einzelwerte und die Mittelwerte der ver-

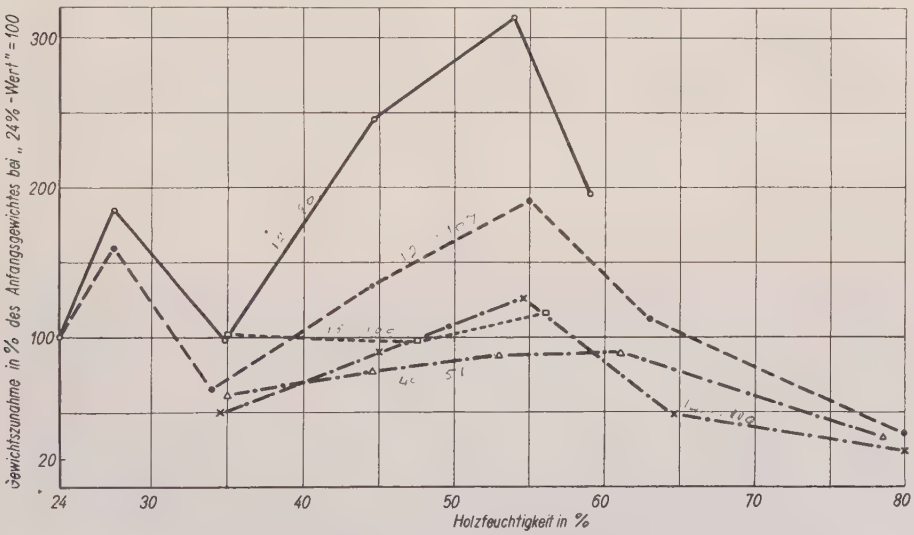


Abb. 6. Einfluß höherer Holzfeuchtigkeit oberhalb der Fasersättigung auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven

schiedenen Versuchsreihen. Einheitlich wiederholt sich aber bei allen Reihen, daß die Gewichtszunahme der Tiere oberhalb der Fasersättigung bei 28° C im Bereich von etwa 50—55 % Holzfeuchtigkeit am größten ist. Faßt man alle Ergebnisse zusammen, so zeigt sich, daß im Bereiche von etwa 40 bis etwa 65 % Holzfeuchtigkeit die durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven mindestens so groß wie oder größer als bei ungefähr 24 % Holz-, d. h. bei 96—98 % relativer Luftfeuchtigkeit ist. Oberhalb von etwa 65 % Wassergehalt werden die Tiere in ihrem Wachstum gehemmt, doch entwickelt sich ein Teil von ihnen selbst bei dauernd 80 % Holzfeuchtigkeit noch langsam weiter.

Auffallend ist die in sämtlichen Versuchsreihen auftretende verhältnismäßig geringe Gewichtszunahme der Larven bei rund 35 % Holzfeuchtigkeit. Ein Versuchsfehler bei den zu ganz verschiedener Zeit durchgeführten 5 Einzelreihen ließ sich nicht feststellen. Eine Holzfeuchtigkeit dicht oberhalb des Fasersättigungspunktes hatte eine geringere Gewichtszunahme als bei 27—28 % wie sogar bei 24 % Holzfeuchtigkeit zur Folge. Eine Erklärung für dieses merkwürdige Versuchsergebnis kann nicht gegeben werden. (Möglicherweise hängt es mit einer Umstellung des Wasserhaushaltes der Tiere oberhalb der Fasersättigung zusammen.)

Die große Sterblichkeit der Larven bei höherer Holzfeuchtigkeit könnte aber auch daran denken lassen, daß bei den hohen Stufen nur die gegen Feuchtigkeit (und gegebenenfalls dadurch bedingte Infektionen) widerstandsfähigsten Tiere überleben, während dicht oberhalb der Fasersättigung kränkelnde, aber noch lebende Tiere den mittleren Zahlenwert der Ergebnisse ungünstig beeinflussen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Hausbocklarven eine Durchfeuchtung des Holzes auch für längere Zeit ertragen, und in einem Holzfeuchtigkeitsbereich von etwa 50—55 % — soweit sie dabei nicht überhaupt kränkeln und eingehen — noch etwas schneller wachsen als bei gesättigter Luftfeuchtigkeit. Ein Wassergehalt über 60 % wirkt sich auf die Dauer auf sämtliche Tiere sehr ungünstig aus. Eine zeitweilige Durchnässung des Holzes durch Regen, Aufwischwasser und anderes fördert also im allgemeinen die Hausbocklarvenentwicklung. In welcher Weise ein Wechsel der Holzfeuchtigkeit die Tiere beeinflußt, konnte (abgesehen von dem einen im vorhergehenden genannten Beispiel) nicht mehr untersucht werden. Dauernd hohe Holzfeuchtigkeit, die für zahlreiche Cerambyciden und andere Käfer Voraussetzung ihrer Entwicklung ist (s. z. B. G. BECKER, 1943 a, b) oder sie zumindest fördert, ist für *Hylotrupes* offenbar ungünstig.

Im Zusammenhang mit dem Verhalten der Hausbocklarven gegenüber der Holzfeuchtigkeit steht wohl die Frage, warum *Hylotrupes* im Laufe der letzten Jahrzehnte niemals mehr in Deutschland im Walde gefunden worden ist, während die Art doch in Telegraphenstangen, Zaunpfählen, Brückenhölzern und anderem im Freien verbauten Holz lebt. In Südafrika haben TOOKE und SCOTT (1944) den Hausbockkäfer, der in Kapstadt ebenso beachtliche Schäden in Gebäuden anrichtet wie in Europa, auch in den Nadelwäldern des Tafelberges gefunden. Die Larven fressen dort in toten Stämmen und abgestorbenen Ästen.

Hylotrupes bajulus ist offenbar ein Insekt, das nicht unter den ökologischen Bedingungen des Baumstumpfes zu leben vermag; sonst müßte die Art auch jetzt im deutschen Wald vorkommen. Beispiele für die ausgeprägten Besiedlungsgrenzen toten Buchenholzes durch „Stamminsekten" und „Stumpfinsekten" hat W. DERKSEN (1941) in seinen Sukzessionsuntersuchungen im Strandwald der Ostseeküste gegeben. Auch im toten Buchenholz leben „typische" Stammbewohner wie gewisse *Tremex*-Arten

niemals im Stumpf oder beim stehenden Stamm nie im Bereich der Bodenfeuchtigkeit. Im Vergleich zu diesem Beispiel geht aber *Hylotrupes* an Masten und Pfählen tiefer bis in Bodennähe hinab.

Die Laboratoriumsversuche über den Einfluß hoher Feuchtigkeit stehen mit den Beobachtungen über das natürliche Auftreten in guter Übereinstimmung, zeigen aber gleichzeitig hinsichtlich der oberen Grenze der zuträglichen Holzfeuchtigkeit, wie vorsichtig man sein muß, wenn man zur Beurteilung ökologischer Einflüsse die Ergebnisse verhältnismäßig kurzfristiger Laboratoriumsversuche auf die gesamte Larvenentwicklung einer Art zu übertragen versucht.

V. Einfluß der unterschiedlich bedingten Anfangsgröße auf das Larvenwachstum

Da die Wachstumgeschwindigkeit der Hausbocklarven, insbesondere der Eilarven auch unter ganz gleichen Umweltbedingungen außerordentlich verschieden ist, wurden als Beitrag zur Klärung dieser Erscheinung einige Versuche über den Einfluß der Anfangsgröße der Larven, und zwar bedingt durch Eigröße und Herkunft der Larven wie durch verschiedene Feuchtigkeit während der Embryonalentwicklung durchgeführt.

Besonders bei der Verwendung von Eilarven zur Prüfung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln sind Beschaffenheit, Wachstumsfähigkeit und Widerstandsvermögen zu beachten. Daneben hat vor allem die Untersuchung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung auf das spätere Wachstum allgemeinere biologische Bedeutung.

Tabelle 5

Larvenwachstum bei verschiedener Größe des mütterlichen Käfers und verschiedenem Eilarvengewicht. (Versuchsbedingungen: jeweils gleiches und gleich behandeltes Holz, 28°, ∼ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 170—180 Tage.)

Larvenfütterung	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichts	Körperlänge des mütterl. Käfers in mm	Durchschnittliches Eilarvengewicht in mg	Anzahl Larven bei Versuchsende	Larvengewicht in mg bei Versuchsende		
					kleinstes	größtes	durchschnittliches
Zusatz von 1 % Diastase(Schering)-Aufschwemmung zu Kiefernsplintholz	1,3	14	0,24	19	0,8	3,8	2,1
	1,2	15	0,20	26	1,2	3,1	1,9
	1,6	16	0,27	45	0,4	3,3	1,5
	1,3	17	0,25	69	0,4	2,4	1,0
	1,3	17	0,22	37	0,6	5,4	1,8
	1,2	19	0,25	8	0,6	1,0	0,8
Zusatz von 1 % Hefe-Aufschwemmung zu Kiefernsplintholz	1,1	13	0,24	35	0,9	13,9	5,8
	0,9	16	0,31	36	2,0	14,0	5,3
	0,9	17	0,23	17	1,2	5,4	2,2
	1,0	19	0,25	34	0,7	12,5	3,8
Zusatz von 1 % „Pepton 203"-Aufschwemmung zu Kiefernsplintholz	1,3	12	0,20	38	4,0	11,4	43,2
	1,3	15	0,19	4	36,6	68,6	53,4
	1,3	18	0,26	4	39,4	55,7	44,2
	1,4	19	0,34	2	117	137	127
	1,4	20	0,28	21	30,6	182	65,6

Tabelle 6

Larvengewicht bei verschiedenen Gelegen einzelner Käfer mit z. T. unterschiedlichem Eilarven-Gewicht. (Versuchsbedingungen: Gleiche Embryonal- und Larvenentwicklung bei 28° und ∼ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; jeweils einheitliches und gleichförmig behandeltes Holz; Versuchsdauer: 170—180 Tage.)

Körperlänge des mütterlichen Käfers in mm	Zugesetzter Stoff	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichtes	Eigelege vom	Durchschnittliches Eilarvengewicht in mg	Anzahl Larven bei Versuchsende	Larvengewicht in mg bei Versuchsende		
						kleinstes	größtes	durchschnittliches
19	Kein Zusatz (Baumkante)	—	19. 7.	0,29	8	0,4	2,8	1,3
			20. 7.	0,28	6	0,7	4,1	1,8
			22. 7.	0,27	4	0,5	4,3	1,6
			28. 7.	0,24	5	0,6	3,9	1,4
14	Diastase (Sch.) 1 %	1,3	27. 7.	0,24	15	1,2	3,8	2,3
			31. 7.	0,25	4	0,8	2,4	1,6
15	Diastase (Sch.) 1 %	1,2	20. 7.	0,21	8	1,2	2,7	1,9
		1,3	21. 7.	0,20	18	1,2	3,1	1,9
16	Diastase (Sch.) 1 %	1,6	9. 7.	0,29	19	0,8	2,9	1,5
			10. 7.	0,29	16	0,4	3,3	1,7
			13. 7.	0,23	5	0,9	1,9	1,2
			14. 7.	0,27	5	1,0	1,5	1,3
17	Diastase (Sch.) 1 %	1,3	17. 7.	0,23	17	1,2	4,4	2,2
		1,3	20. 7.	0,20	10	0,6	2,9	1,5
		1,4	22. 7.	0,20	10	1,7	2,8	2,1
17	Diastase (Sch.) 1 %	1,2	8. 7.	0,23	19	0,4	1,3	0,7
		1,2	9. 7.	0,23	17	0,4	0,9	0,7
		1,4	11. 7.	0,30	19	0,4	2,1	1,3
		1,3	15. 7.	0,22	14	0,7	2,4	1,2
19	Diastase (Sch.) 1 %	1,2	1. 8.	0,27	4	0,6	1,0	0,8
			2. 8.	0,24	4	0,6	1,0	0,8
13	Hefe 1 %	1,1	23. 7.	0,26	13	2,4	13,9	7,2
			24. 7.	0,26	5	0,9	6,8	4,4
			30. 7.	0,26	4	4,0	13,2	7,2
			31. 7.	0,25	9	1,0	12,8	5,5
16	Hefe 1 %	1,1	13. 7.	0,33	11	2,0	8,3	4,0
			20. 7.	0,32	5	3,1	8,0	6,2
			20. 7.	0,31	5	4,2	7,9	6,3
			25. 7.	0,28	15	2,8	14,0	5,5
19	Hefe 1 %	0,9	28. 7.	0,29	9	2,1	12,5	4,2
		0,9	29. 7.	0,28	5	1,6	2,8	2,1
		1,0	1. 8.	0,28	8	3,7	8,9	6,3
		1,0	6. 8.	0,21	9	1,1	6,7	2,8
		1,0	6. 8.	0,21	3	0,7	3,6	2,2
12	„Pepton203" 1 %	1,3	26. 7.	0,20	11	6,4	90,7	33,8
			26. 7.	0,19	6	4,0	28,4	20,6
			29. 7.	0,22	7	17,8	51,0	36,3
			30. 7.	0,20	8	26,0	80,6	57,8
			31. 7.	0,19	6	23,0	114	70,9
20	„Pepton203" 1 %	1,4	7. 8.	0,24	9	43,0	90,8	58,2
			10. 8.	0,28	6	30,6	60,4	49,7
			12. 8.	0,31	6	58,6	182	110

1. Eigröße und Herkunft des Geleges

Die Eigröße und dementsprechend die Eilarvengröße sind nicht nur je nach der Größe des Weibchens etwas verschieden, sondern wechseln auch bei demselben Muttertier von Gelege zu Gelege ein wenig; im allgemeinen nehmen sie im Laufe der Zeit etwas ab.

Körperlänge der Käfer und mittleres Eilarvengewicht (als Durchschnittswert aus der Wägung möglichst zahlreicher Larven des Geleges) wurden bei den in Tabelle 5 zusammengestellten Versuchen in 3 Fütterungsserien (Diastase-, Hefe-, „Pepton 203"-Zusatz) berücksichtigt. Das durchschnittliche Eilarvengewicht entspricht nicht immer der Körpergröße des mütterlichen Käfers. Das Endgewicht der Larven nach 1/2jähriger Entwicklungsdauer bei optimalen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen schwankt in recht weiten Grenzen zwischen 0,8 und 2,8 mg (Diastasezusatz), 2,2 und 5,8 mg (Hefezusatz) bzw. 43,2 und 65,6 mg („Pepton 203"-Zusatz). Eine Abhängigkeit dieses durchschnittlichen Endgewichtes von der Körperlänge des Weibchens oder dem mittleren Eilarvengewicht läßt sich nicht erkennen. Allein bei der Peptonserie mit starker Wachstumsbeschleunigung der Tiere waren die größten Eilarven des längsten Käfers nach 6 Monaten im Durchschnitt schwerer als die Nachkommen der übrigen Käfer. Sieht man von diesem einen Fall ab, so folgt aus den Versuchen, daß eine Abhängigkeit des mittleren Endgewichtes der Larven von der wechselnden Eigröße offenbar nicht besteht. Die Größe der einzelnen Tiere schwankt bei den Nachkommen des gleichen Weibchens wesentlich stärker als das durchschnittliche Larvengewicht bei verschiedenen Mutterkäfern.

Die Eier der ersten Gelege sind meist ein wenig größer als die der letzten, was bereits H. Weidner (1936) und P. Steiner (1937) angegeben haben. Auf das durchschnittliche (sowie das kleinste und größte) Larvenendgewicht (nach 6 Monaten) hat jedoch dieser Größenunterschied keinen Einfluß, wie die in Tabelle 6 zusammengestellten Ergebnisse über diese Frage zeigen. Vergleicht man die Durchschnittswerte für die einzelnen Gelege eines Weibchens mit denen anderer Tiere (bei gleicher Larvenernährung), so geben die vorliegenden, allgemein wiederum stark streuenden Zahlenwerte noch keinen statistisch gesicherten Hinweis dafür, inwieweit sich die Nachkommen verschiedener Weibchen in ihren Wachstumseigenschaften voneinander tatsächlich unterscheiden.

Tabelle 7

Einfluß der Anfangsgröße auf das Wachstum von Hausbock-Eilarven. (Embryonalentwicklung bei 28° und ∼97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Larvenhaltung in Kiefernsplintholz mit 1 % Zusatz von „Pepton 203" bei 28° und ∼97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 112 Tage.)

Larven aus gleichem Eigelege von ♀	Eilarvengröße	Endgewicht der Larven in mg		
		kleinstes	größtes	durchschnittliches
253	größte Eilarven	2,9	35,1	**19,0**
	mittlere Größe	2,2	39,2	**19,8**
269	größte Eilarven	2,3	8,9	**5,6**
	kleinste Eilarven	2,0	7,5	**5,8**

Schließlich wurden noch von zwei Weibchen die auffallend größten Eilarven in Vergleich zu den Tieren mittlerer Größe bzw. den auffallend kleinsten Larven beobachtet. Nach rund 4monatiger Versuchsdauer unter günstigen Bedingungen waren, wie Tabelle 7 zeigt, sowohl kleinste und größte wie durchschnittliche Endgewichte (in einer für biologische Versuche mit verhältnismäßig geringer Versuchstieranzahl bemerkenswerten Weise) gleich.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß das Larvengewicht nach einer bestimmten Versuchszeit weder von der Größe der Käfer, noch von der Größe der Eier und der Eilarven (bei gleichen Bedingungen während und nach der Embryonalentwicklung) abhängt, sondern allgemein sehr stark streut. Wo die Grenzen der natürlichen Schwankung der Werte liegen und wo eine erbliche Veranlagung — für das einzelne Tier wie für die Nachkommen eines Käferpaares — beginnt, ist an Hand dieser Versuche kaum mit Sicherheit zu beurteilen.

1. Umweltbedingungen während der Embryonalentwicklung

Neben der embryonalen Sterblichkeit wird auch die Anfangsgröße der Larven durch die Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung sehr beeinflußt, wie P. STEINER (1937) gezeigt hat. Die Bedeutung dieses Einflusses für die weitere Entwicklung ist nicht bekannt. Um dafür

Tabelle 8

Postembryonales Larvenwachstum von *Hylotrupes* nach Embryonalentwicklung bei optimaler und sehr ungünstiger Luftfeuchtigkeit. (Haltung der Larven in Kiefernsplintholz mit 1 % Zusatz von „Pepton 203" bei 28° und ~97 % rel. Luftfeuchtigkeit.)

Eigelege von ♀	252		253	
% rel. Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung (bei 28°)	~97	~35	~97	~35
% postembryonale Sterblichkeit während des Versuches	27	17	25	11
Endgewicht der einzelnen überlebenden Larven nach 115 Tagen Versuchsdauer	2,5 7,8 11,0 14,1 19,4 24,0 25,3 32,0 36,9 41,1 58,5	 25,3 29,7 32,6 38,2 51,9	2,2 2,9 4,2 8,7 13,4 33,7 35,1 38,4 39,2	 18,7 23,0 24,2 24,6 26,2 28,0 28,7 45,6
Durchschnittliches Endgewicht	**24,8**	**35,5**	**19,8**	**27,4**
Mittlere Streuung	16,5	19,3	14,0	5,1
Vergleichsumrechnung	100	143	100	138

einen Anhalt zu gewinnen, wurden Eier aus jeweils gleichem Gelege bei 97—98 % und bei 32—35 % relativer Luftfeuchtigkeit und jeweils 28 ° C zur Entwicklung gebracht und die verschiedenen Tiere danach unter denselben günstigen Ernährungs- und Klimaverhältnissen gehalten. Nach P. Steiners Untersuchungen an einer größeren Tierzahl beträgt die durchschnittliche embryonale Sterblichkeit bei 90—100 % relativer Luftfeuchtigkeit und 26—31 ° C 0—6 %, bei der geringen Feuchtigkeitsstufe 44—48 %.

Das in Tabelle 8 zusammengestellte Ergebnis ist zunächst überraschend: Das durchschnittliche Endgewicht der Larven nach rund 4monatiger Versuchsdauer ist bei den Tieren mit ungünstigen Bedingungen während der Embryonalzeit deutlich, und zwar um das fast 1½fache größer als bei den in hoher Luftfeuchte entwickelten Larven, und auch die postembryonale Sterblichkeit während des Versuches war bei den ersteren geringer als bei den letzteren. Das Verhältnis der Durchschnittswerte für die Larven mit günstiger und schlechter Embryonalentwicklung ist in beiden Versuchsreihen mit 100 : 143 und 100 : 138 praktisch gleich.

Dies Ergebnis konnte man keineswegs von vorherein erwarten, da die bei 32—35 % relativer Luftfeuchtigkeit überlebenden wenigen Larven viel kleiner und schwächer sind als die unter optimalen Feuchtigkeitsbedingungen geschlüpften Tiere und einen ausgesprochen geschädigten Eindruck machen. Nach P. Steiner ist das Gewichtsverhältnis der Eilarven bei den genannten Feuchtigkeitsstufen wie 1 : 0,8. Vergleicht man jedoch die Endgewichte der einzelnen überlebenden Larven beider Versuchsreihen, so zeigt sich, daß zwar die höchsten Endgewichte für beide Tiergruppen etwa gleich sind, das kleinste Gewicht dagegen jeweils sehr verschieden ist. Während bei den in Trockenheit entwickelten Larven das Endgewicht von 25—52 mg bzw. von 19—46 mg schwankt, streuen die Werte bei den unter optimalen Bedingungen entwickelten Tieren der gleichen Gelege von 2,5—59 mg bzw. von 2,2—39 mg. Von den letzteren Larvengruppen wiegt mehr als die Hälfte der Tiere weniger als die kleinste Larve der „Trockenheits"-Gruppe! Entsprechend ist die Streuung $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n-1}}$ in einem Falle 17 bzw. 14, im anderen nur 10 bzw. 5. Die kleinen und schwachen Eilarven aus den in trockener Luft gehaltenen Eiern entwickeln sich also viel einheitlicher und im Gesamtdurchschnitt besser und sicherer als die größeren, kräftigen Tiere nach optimaler Embryonalentwicklung und geringer Sterblichkeit während dieser Zeit.

Aus diesen Versuchen folgt also: 1. bei ungünstigen Bedingungen während der Embryonalentwicklung und hoher Sterblichkeit in dieser Zeit fallen die sonst später am langsamsten wachsenden Tiere aus; 2. die Schädigung der *Hylotrupes*-Larven durch mangelnde Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung wirkt sich nicht auf das spätere End-

gewicht der Larven (nach 4monatiger Fraßdauer unter günstigen Klima- und Ernährungsverhältnissen) aus und die postembryonale Sterblichkeit ist geringer als bei günstigen Eientwicklungsbedingungen; 3. ungünstige Umweltverhältnisse während der Embryonalzeit bewirken eine Larvenauslese hinsichtlich ihrer Vitalitätseigenschaften und sind dadurch ein geeignetes Mittel, die Streuung in einer Versuchstiergruppe wesentlich herabzusetzen.

VI. Schlüpfen, Wahlvermögen und Hungerfähigkeit der Eilarven

Es sei hier noch einmal auf die bereits früher (G. BECKER, 1941) erwähnte Erscheinung hingewiesen, daß die Eilarven des Hausbockkäfers — im Gegensatz zu zahlreichen anderen Cerambyciden, bei denen eine solche Beobachtung möglich war — beim Schlüpfen für gewöhnlich nicht ein Loch in die Eischale fressen und das Ei auf diesem Wege verlassen. Vielmehr reißt die sehr dünne Eischale meist infolge der Körperbewegungen des Tieres in der hinteren Hälfte des Eies in Längsrichtung auf, und die kleine Larve kriecht rückwärts aus der Eischale hervor. In diesem Zusammenhang erscheint erwähnenswert, daß die Cerambyciden mit Hefesymbionten im Darm sich mit diesen durch Auffressen der Eischalen oder eines Teiles von ihr einschließlich der an der Oberfläche klebenden Sporen infizieren. Bei *Hylotrupes* fehlen derartige Symbionten.

Das Einbohren der Eilarven in das Holz dürfte für gewöhnlich in dem gleichen Spalt erfolgen, in den die Eier abgelegt wurden. Daß die Tiere auf ebener Unterlage zu weiten Wanderungen fähig sind und dabei von einer negativen Phototaxis geleitet werden, hat W. FINKENBRINK (1940) beschrieben.

Zur Feststellung, ob die Eilarven beim Einbohren in das Holz ein Wahlvermögen besitzen oder eine Geotaxis zeigen, wurden frisch geschlüpfte Tiere zwischen zwei übereinanderliegende, verschiedene Holzklötzchen mit gleichmäßig maschinenglatt gehobelter und mit Schmirgelpapier nachgeglätteter Oberfläche gebracht, die durch zwei schmale Pappstreifen von Larvendicke auseinandergehalten waren. Im Vergleich zu Kiefernsplintholz einer äußeren Lage im Stamm mit schmalen Jahrringen in 45 °-Winkel zur Oberfläche wurden untersucht: Kiefernkernholz, Fichtensplintholz, Pappel, Linde, Birke, Eschensplint, Buche und Weißschliffpappe von etwa gleicher Dichte wie Kiefernsplint (als besonders weiches Material) sowie entsprechendes Kiefernsplintholz nach Ätherextraktion, nach schwachem (1 Woche altem) Anstrich mit Pinen und mit 1 % Zusatz von Pepton („Peptonum pro bacteriol. — Witte").

Bekanntlich ist Kiefernkernholz kaum und sind Laubhölzer in chemisch unverändertem Zustand (G. BECKER, 1942a, 1944b) nicht als Larvennahrung geeignet, wird der Nahrungswert des Holzes für die Larven durch Ätherextraktion und Peptonzusatz erhöht, durch Pinenzusatz vermindert (G. BECKER, 1942a), während Pinen für die eierlegenden Weibchen ein Leitgeruch ist (G. BECKER, 1944a).

Das Ergebnis der Versuche ist in Tabelle 9 zusammengestellt. Das Einbohren der Larven erfolgte entsprechend der stark ausgebildeten Thigmotaxis der Tiere zumeist neben den Pappstreifen, also dort, wo sie von drei Seiten einen Halt finden. Kiefernsplintholz wird Kernholz

Tabelle 9

Versuche über das Wahlvermögen von Hausbock-Eilarven beim Einbohren in Holz.

1. Versuch		2. (Umkehr-)Versuch	
Holzart bzw. Holzbehandlung	Zahl der eingebohrten Larven	Holzart bzw. Holzbehandlung	Zahl der eingebohrten Larven
Kiefernsplintholz	12	Kiefernkernholz	3
Kiefernkernholz	3	Kiefernsplintholz	12
Kiefernsplintholz	10	Fichtensplintholz	0
Fichtensplintholz	1	Kiefernsplintholz	12
Kiefernsplintholz	11	Pappel	0
Pappel	1	Kiefernsplintholz	8
Kiefernsplintholz	11	Linde	4
Linde	0	Kiefernsplintholz	8
Kiefernsplintholz	10	Birke	4
Birke	0	Kiefernsplintholz	1
Kiefernsplintholz	10	Esche	1
Esche	0	Kiefernsplintholz	13
Kiefernsplintholz	5	Buche	1 [1])
Buche	3 [1])	Kiefernsplintholz	7
Kiefernsplintholz	11	Weißschliffpappe	0
Weißschliffpappe	0	Kiefernsplintholz	12
Kiefernsplintholz	9	Kiefernsplint, Ätherextraktion	7
Kiefernsplint, Ätherextraktion	3	Kiefernsplintholz	3
Kiefernsplintholz	10	Kiefernsplint mit Pinen-Anstrich [2])	1
Kiefernsplint mit Pinen-Anstrich [2])	1	Kiefernsplintholz	10
Kiefernsplintholz	6	Kiefernsplintholz mit Pepton-Zusatz	5
Kiefernsplint mit Pepton-Zusatz	6	Kiefernsplintholz	7

[1]) Larven nur halb eingebohrt.
[2]) Versuch 1 Woche nach Anstrich.

bei weitem vorgezogen, noch ausgeprägter aber dem weicheren Fichtensplint. Die Laubhölzer werden allgemein gemieden, doch bohrte sich eine ganze Reihe von Tieren in das für sie tödliche Laubholz ein. Aus Weißschliffpappe hielten sich die Tiere fern. Die durch Ätherextraktion bedingte stoffliche Änderung des Holzes beeinflußte das Verhalten der Larven nicht, dagegen wurde Holz mit Pinenanstrich weitgehend verschmäht. Peptonzusatz schließlich blieb auf die Wahl der Tiere ohne Einfluß.

Die Larven verfügen also über ein gewisses Wahlvermögen beim Einbohren in das Holz, das sie Splintholz bevorzugen und Laubholz sowie stärker harzhaltige Stellen wohl im wesentlichen meiden läßt. Ob sie den für sie so entscheidenden Eiweißgehalt des Holzes (G. BECKER, 1942 a) wahrnehmen können, und was sie veranlaßt, in eiweißreichem Holz platzartig zu fressen, bleibt noch ungeklärt.

Eine Geotaxis ist bei den Eilarven offenbar nicht sehr ausgeprägt, doch scheinen die Tiere die Richtung nach oben zu bevorzugen, wie die Versuche mit Ätherextraktion, Linde und Birke andeuten. Bei älteren Larven ist eine deutliche negative Geotaxis vorhanden. Die in Tabelle 10

Tabelle 10

Fundstelle größerer Hausbocklarven (∼ 20 bis ∼ 200 mg) in 20 cm langen, verschieden aufgestellten Kantholz-Abschnitten nach halbjährigem Aufenthalt in Holz. (20° C, ∼ 75 und ∼ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit)

Aufstellung der Hölzer	Holz-Abschnitt Nr.	Anzahl gefundener Larven in einem Abstand von einer Hirnfläche der Abschnitte in cm von			
		0 bis 5	5 bis 10	10 bis 15	15 bis 20
Stammrichtung senkrecht	1	1	4	1	2
	2	4	4	0	1
	3	5	1	3	0
	4	5	1	2	0
	5	2	2	4	1
	6	8	0	2	0
	7	1	5	2	1
	8	5	1	0	2
	Summe	31	18	14	7
	Summe in %	44	26	20	10
	der Gesamtzahl	70		30	
Stammrichtung waagerecht	9	0	3	3	2
	10	3	2	2	2
	11	2	3	2	2
	12	3	2	2	2
	Summe	8	10	9	8
	Summe in %	23	28	26	23
	der Gesamtzahl	51		49	

zusammengestellten, in anderem Zusammenhang ausgeführten Versuche zeigen, daß die Richtung nach oben beim Fraß der Tiere deutlich vorherrscht. Bei diesen Versuchen wurden die ∼ 20 bis ∼ 200 mg wiegenden Larven in 20 cm langen Kantholzabschnitten gehalten, die entweder auf

einer Hirnfläche stehend oder auf einer Seitenfläche liegend aufgestellt waren. Nach 1/2jährigem Aufenthalt der Larven in den Hölzern wurde festgestellt, wo sie sich befanden. Die meisten Tiere hielten sich in der oberen Hälfte der Balkenabschnitte auf.

Zur Auffindung geeigneter Nahrung befähigt die Eilarven nicht nur ihre Fortbewegungs-, sondern auch ihre Hungerfähigkeit. Der Vollständigkeit halber sei auf diese Eigenschaft und die vorliegenden Zahlenangaben (Tabelle 11) hingewiesen. Während die *Hylotrupes*-Eilarven bei

Tabelle 11

Hungerfähigkeit von Hausbock-Eilarven bei 20° und ~75% rel. Luftfeuchtigkeit nach Embryonalentwicklung bei 28° und ~97% rel. Luftfeuchtigkeit

Eilarvengewicht in mg	Lebensdauer der hungernden Larven in Tagen			
	kürzeste	längste	durchschnittlich	Gesamtdurchschnitt
0,22	14	29	19,8	
0,24	9	26	20,1	
0,26	15	24	20,2	22
0,27	9	27	21,6	
0,27	14	34	22,5	
0,29	21	27	24,5	

20° C durchschnittlich etwa 3 (bis 4) Wochen zu Hungern vermögen, sterben beispielsweise die Eilarven des Düsterbockes (*Asemum striatum* L.) und des Rothalsbockes (*Leptura rubra* L.) bereits nach wenigen Tagen ab, wenn sie ohne Nahrung bleiben. Auch hier zeigt sich also *Hylotrupes* als ein ungünstigen Umweltbedingungen gegenüber besonders widerstandfähiges und dementsprechend als Schädling gefährliches Tier.

VII. Wachstumsbeschleunigung durch geeignete Larvenernährung

Die Frage der Wachstumsbeschleunigung der Hausbockkäferlarven mit ihrer unter natürlichen Verhältnissen jahrelangen Entwicklungsdauer ist nicht allein ernährungsphysiologisch und ökologisch von großem Interesse, sondern auch für die Aufgaben der Schutzmittelprüfung und damit der Bekämpfung des Schädlings bedeutungsvoll. Denn eine rasche Aufzucht der Versuchstiere aus leicht beschaffbaren Eilarven erspart das sehr langwierige Herausspalten der Tiere aus befallenem Holz. Unter bekannten und festgelegten Bedingungen hat man dann auch das Wachstum der Larven sicher in der Hand und einheitliche Voraussetzungen für den Zustand des Tiermaterials. — Darüber hinaus kann der im übrigen weitgehend untersuchte Schädling durch eine gute Züchtbarkeit und eine Beschleunigung der Generationenfolge auch zu einem für allgemeine biologische Aufgaben und Fragestellungen nützlichen Laboratoriumstier werden.

1. Bisherige Versuchsergebnisse

Unter den Stoffen in der natürlichen Nahrung der Larven sind Kohlenhydrate ausreichend und im Überfluß vorhanden; ein Zusatz von Zucker verschiedener Art ist schädlich. Fette und Öle können (trotz kräftiger Lipase im Larvendarm) nicht nur entbehrt werden, sondern wirken als Zusatz wachstumhemmend, während durch ihre Entfernung

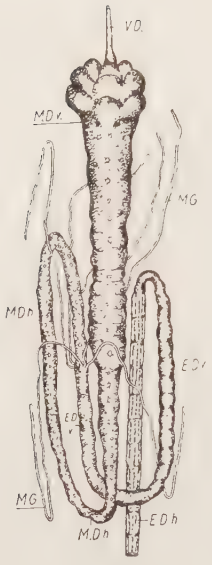


Abb. 7.
Darm der Hausbocklarve
(Zeichenerklärung im Text)

(zugleich mit der Herauslösung der Harzstoffe) die Entwicklung beschleunigt wird. Eiweiß dagegen ist die entscheidende Stoffgruppe, deren Entfernung oder Verminderung die Larvenentwicklung verhindert oder verlangsamt, deren Zusatz aber das Wachstum erheblich steigert (G. BECKER, 1938, 1942 a). Die Verdauung der Kohlenhydrate und die Fettspaltung erfolgt in der Hauptsache im stark erweiterten vorderen Teil des Mitteldarmes (Abb. 7, M.D.v.) bei schwach saurem pH, während die Eiweißstoffe besonders im zweiten, dünneren, drüsenreichen Teil des Mitteldarmes (M.D.h.) bei schwach alkalischer Reaktion vor sich geht. Dipeptidase liefern auch die 6 Malpighischen Gefäße (E. SCHLOTTKE und G. BECKER, 1942 [1]).

Die starke Abhängigkeit der symbiontenlosen *Hylotrupes*-Larven vom Eiweißgehalt der Nahrung im Gegensatz zu dem Verhalten gewisser anderer symbiontenhaltiger Cerambyciden (G. BECKER, 1942 a, 1943 b) läßt nach den Ergebnissen von H. SCHANDERL (1942) über die Stickstoffbindung aus der Luft durch die *Rhagium*-Symbionten ebenso wie bei den Anobien (G. BECKER, 1942 c), den Rindenläusen (E. MICHEL, 1942) und anderen Aphiden (L. TÓTH, A. WOLSKY und A. BÁTORY, 1943), ferner nach den Ergebnissen an Termiten (W. GOETSCH, L. TÓTH und K. OFFHAUS, 1944), also nach einer ganzen Reihe neuerer Untersuchungen, auf eine wesentliche Beteiligung der Symbionten gewisser pflanzenfressender, insbesondere auch holzfressender Tiergruppen am Eiweißstoffwechsel im Sinne früherer, später zum Teil wieder fallengelassener Vermutungen von P. BUCHNER (1921), E. HEITZ (1927) und A. KOCH (1936) schließen.

Unter den bisher geprüften Eiweißstoffen hatten sich verschiedene Peptonpräparate der Firma F. Witte, Rostock, bei Verfütterung an verschieden große Larven besonders ausgezeichnet. Sie hatten einen stärkeren Wachstumserfolg gehabt als einzelne Aminosäuren (G. BECKER, 1942 a). Während Diastase bei halbwüchsigen Tieren weniger gut wirkte als die meisten Peptonpräparate, hatte K. GÖSSWALD (1939) damit bei Aufzucht von Eilarven ein schnelleres Wachstum als durch ein nicht näher bezeichnetes Peptonpräparat erhalten. Die wachstumsbeschleunigende Wirkung durch Zusatz verschiedener Aminosäuren (und verschiedener eiweißhaltiger Substanzen) ist sehr unterschiedlich (G. BECKER, 1942 a). Bemerkenswert war dabei die Feststellung, daß jüngste und ältere Larven bei Zusatz einzelner Aminosäuren ganz verschieden rasch wachsen.

2. Der wirksamste Eiweißzusatz zum Holz

Unter Berücksichtigung der früheren Untersuchungen wurden für diese Versuche sowohl Eilarven als auch ältere Tiere verschiedener Größe verwendet. Die

[1]) Bei dem in der 1942 erschienenen Arbeit fälschlich als „Kropf" bezeichneten Darmabschnitt handelt es sich um den vorderen Mitteldarmabschnitt. Der Vorderdarm (V.D.) ist nur sehr kurz. (Vgl. auch die Berichtigung bei E. SCHLOTTKE, 1945.)

letzteren wurden nach ihrem Gewicht in einzelne Gruppen verschiedener Anfangsgröße zusammengefaßt. Die seinerzeit (G. BECKER, 1942 a) unter allgemeinerer Fragestellung in nur einer Versuchsreihe geprüften Peptonpräparate wurden genauer untersucht; Diastase (Schering) wurde allein bei den Eilarvenversuchen benutzt.

Die Ergebnisse der wichtigsten Versuchsreihen sind in den Tabellen 12 bis 14 zusammengestellt. Der wachstumsbeschleunigende Einfluß der einzelnen Peptonpräparate ist sehr unterschiedlich. Eilarven wuchsen im Durchschnitt in 4 Monaten um das 3—35fache schneller als die Vergleichstiere in unbehandeltem Kiefernsplintholz, ältere Larven nur um das 3—25fache. Unter Beachtung der Schwankungsbreite der Ergebnisse und der zum Teil nur geringen Versuchstierzahlen bei einzelnen Reihen kann man folgendes feststellen: Gegenüber Eilarven erwiesen sich „Pepton 203", „Peptonum e caseino", „Milchpepton" und „Peptonum

Tabelle 12

Wachstumsbeschleunigung von Hausbock-Eilarven durch Zusatz verschiedener Peptonpräparate (und vergleichsweise Diastase) zu Kiefernsplintholz. (Versuchsbedingungen: 28°, ∼ 97% rel. Luftfeuchtigkeit.)

Zusatzstoff	% Gehalt der Tränklösung	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichtes	Versuchsdauer in Tagen	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Larvengewicht in mg bei Versuchsende			Durchschnittliches Larvengewicht bei „Vergleichswert = 1,0"
					kleinstes	größtes	durchschnittliches	
„Pepton 203" . . .	2	∼ 1,9	112	5	19,0	51,1	30,2	49
„Pept. e caseino" . .	2	∼ 1,9	112	4	9,2	50,3	22,3	36
„Pept. e caseino" . .	1	∼ 1,2	112	4	12,6	38,6	21,6	35
„Milch-Pepton" . . .	1	∼ 1,2	112	5	8,3	33,7	22,5	36
„Pepton 43" . . .	1	∼ 1,2	112	5	6,4	29,5	16,2	26
„Pepton 204" . . .	1	∼ 1,2	112	4	4,5	10,0	7,4	12
„Pept. pro bacteriol." .	1	∼ 1,2	112	5	1,4	6,4	3,2	5
„Pept. e sanguine" . .	1	∼ 1,2	112	4	0,6	3,6	1,6	3
Diastase (Schering) .	1	∼ 1,2	112	3	0,8	5,8	3,4	5
Diastase (Schering) .	2	∼ 1,8	112	5	2,0	4,3	2,9	5
Vergleichsversuch . .	—	—	112	4	0,5	0,8	0,62	1
„Pept. e caseino" . .	1	∼ 1,2	112	4	12,6	41,0	25,6	21
„Pept. e carne" . . .	1	∼ 1,2	112	3	15,4	23,6	18,6	16
Vergleichsversuch . .	—	—	112	5	0,7	2,0	1,2	1
„Pept. e caseino" . .	1	∼ 1,2	170	4	10,6	27,6	16,2	—
„Pept. e carne" . . .	1	∼ 1,2	170	2	10,4	21,7	15,8	—
Diastase (Schering) .	1	∼ 1,2	170	7	1,6	2,5	2,2	—

Tabelle 13

Wachstumsbeschleunigung von Hausbocklarven durch Zusatz verschiedener Pepton-Präparate zu Kiefernplintholz. (Versuchsbedingungen: 28°, ~ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit.)

Pepton-Zusatz (je 1 prozent.)	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichtes	Versuchsdauer in Tagen	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Anfangsgewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
					Versuchswert	bei „Vergleichswert = 10“
„Pept. e caseino“ . .	0,9	56	3	9... 16	660	142
„Pept. a carne“ . . .	0,9	56	3	8... 23	379	82
„Mich-Pepton“ . . .	0,9	56	6	10... 28	376	81
„Pepton 204“ . . .	0,9	56	5	10 .. 26	367	79
„Pepton 203“ . . .	0,9	56	4	10 .. 18	339	73
„Pepton 42“	0,9	56	3	10... 18	302	65
„Pepton 43“	0,9	56	3	10... 21	273	59
„Pept. pro bacteriol.“ .	0,9	56	10	11... 27	223	48
„Pept. e sanguine“ . .	0,9	56	6	10... 29	195	42
Vergleichsversuch . .	—	56	5	10... 22	46	10
„Pept. e caseino“ . .	0,9	56	4	30... 67	269	96
„Pepton 204“ . . .	0,9	56	4	30... 52	229	82
„Pept. e carne“ . . .	0,9	56	4	30... 63	198	71
„Milch-Pepton“ . . .	0,9	56	3	36... 48	189	67
„Pept. pro bacteriol.“ .	0,9	56	7	33... 74	166	59
„Pept. e sanguine“ . .	0,9	56	3	31... 66	145	52
„Pepton 43“	0,9	56	1	42	142	51
„Pepton 42“	0,9	56	3	34... 52	141	50
Vergleichsversuch . .	—	56	5	30... 57	28	10
„Pept. e caseino“ . .	1,7	70	5	10... 14	1205	84
„Pepton 203“ . . .	1,7	70	4	10... 14	1150	80
„Pepton 204“ . . .	1,7	70	5	10... 14	647	45
Vergleichsversuch . .	—	70	5	10... 14	143	10
„Pept. e caseino“ . .	1,7	70	5	64...164	750	260
„Pepton 203“ . . .	1,7	70	5	60...129	164	57
„Pepton 204“ . . .	1,7	70	4	62...142	74	25
Vergleichsversuch . .	—	70	5	66...169	29	10

e carne“ als die günstigsten, „Peptonum Witte pro bacteriol.“ und „Peptonum e sanguine“ als die am wenigsten förderlichen Präparate. „Diastase“ (Schering) entsprach den beiden ungünstigsten Peptonen.

Tabelle 14

Reihenfolge verschiedener Peptonpräparate hinsichtlich ihrer wachstumsbeschleunigenden Wirkung auf verschieden große Hausbocklarven nach den in Tabelle 12 und 13 zusammengestellten Ergebnissen. (Larvengewicht bei Versuchsbeginn)

Eilarven	10...29 mg	30..70 (...170)
203	cas.	cas.
cas.	carn.	carn.
Milch	Milch	Milch
carn.	203	203
43	204	204
204	42	bact.
bact.	43	sang.
sang.	bact.	43
	sang.	42

Nach früheren Untersuchungen hatte das Diastasepräparat von E. Merck eine bessere wachstumsfördernde Wirkung gehabt. Junge Larven von 10—29 mg Anfangsgewicht wuchsen bei Zusatz von „Pept. e caseino" am raschesten. Es folgen (nach den Ergebnissen mehrerer Versuchsreihen) „Pept. e carne", „Milchpepton" und „Pepton 203". Wiederum sind „Pept. pro bacteriol." und „Pept. e sanguine" am schlechtesten wirksam. Gegenüber etwas größeren Tieren von 30—70 bzw. bis 170 mg Anfangsgewicht bleibt die Reihenfolge zu Anfang die gleiche; am wenigsten wirksam waren hier jedoch „Pepton 43" und „Pepton 42".

Die Larvenentwicklung wird also am meisten durch „Casein-Pepton", „Fleisch-Pepton", „Milch-Pepton" und „Pepton 203" gefördert. Die Tiere verhalten sich aber den einzelnen Pepton-Präparaten gegenüber in verschiedenem Alter durchaus unterschiedlich. Während z. B. „Pepton 203" für Eilarven offenbar etwas günstiger ist als „Peptonum e caseino", für Larven von 10—29 mg Anfangsgewicht nur etwas weniger wirksam als dieses, ist für Larven von größerem Anfangsgewicht als 30 mg „Peptonum e caseino" weit überlegen. „Pepton 43" und anscheinend auch „Pepton 42" rücken mit zunehmender Larvengröße an einen schlechteren Platz in der Bewertung. Umgekehrt scheinen „Pepton. pro bacteriol." und „Peptonum e sanguine" zwei Präparate zu sein, deren „relativer" Wirkungsgrad mit zunehmender Larvengröße steigt.

Eine Erklärung für die verschiedene Wirksamkeit der Peptonpräparate zu finden, ist naturgemäß ohne weiteres nicht möglich, handelt es sich doch um außerordentlich komplexe Stoffe mit Gehalt an verschiedenen Verbindungen mit Wirkstoffeigenschaften neben den bekannten Aminosäuren sowie um mannigfache Zusammensetzungen von Eiweißabbauketten usw. Betrachtet man den Aminosäurenstickstoffgehalt der untersuchten Präparate (Tabelle 15), so fällt immerhin auf, daß sich die drei am wenigsten fermentativ abgebauten Peptone („Milchpepton", „Peptonum e caseino" und „Pepton 203") als wachstumsfördernde Zusatzstoffe besonders ausgezeichnet haben, während die am stärksten ab-

Tabelle 15

Aminosäurestickstoffgehalt nach SÖRENSEN bei verschiedenen Pepton-Präparaten (nach Angaben der Firma Friedrich Witte, Rostock)

Präparat	Aminosäure-stickstoffgehalt in %	Abbauform des Peptons
„Milch-Pepton" [1]	0,98	peptisch abgebaut
„Pept. e caseino"	2,04	„ „
„Pepton 203"	2,16	„ „
„Pept. pro bacteriol."	2,47	„ „
„Pept. e sanguine"	2,50	„ „
„Pept. e carne"	2,54	„ „
„Pepton 42"	2,78	„ „
„Pepton 43"	3,70	peptisch und tryptisch abgebaut
„Pepton 204"	3,81	„ „ „ „

gebauten („Pepton 42" und die auch tryptisch beeinflußten Präparate „Pepton 43" und „Pepton 204") viel schlechter auf die *Hylotrupes*-Larven wirkten. „Pept. e carne" bleibt dabei eine Ausnahme. Die ungünstigere Wirkung von „Pept. pro bacteriol." könnte vielleicht auf den gerade diesem Präparat eigenen hohen Gehalt an Cystin zurückzuführen sein, das besonders auf Eilarven ungünstig wirkt (G. BECKER, 1942 a).

Das unterschiedliche Verhalten verschieden großer Larven schließlich bestätigt durchaus die früheren Feststellungen (1942), daß einzelne Aminosäuren den Eilarven besonders förderlich sind, andere gerade das Wachstum älterer Tiere beschleunigen, daß Eilarven bei Diastasezusatz (E. MERCK) besser wachsen als bei Zusatz von „Pept. pro bacteriol.", ältere Larven dagegen bei Peptonfütterung schneller an Gewicht zunehmen als bei Diastasezusatz. Gerade das hier vorliegende Ergebnis über die Wirkung von „Pept. pro bacteriol." ist in diesem Zusammenhang sehr aufschlußreich, und das Verhalten von „Pepton 203" läßt sich mit dem von Diastase vergleichen. Der scheinbare Widerspruch zwischen den Ergebnissen von K. GÖSSWALD (1939) und den eigenen (1938, 1942 a) ist somit aufgeklärt.

Ob für die unterschiedliche Wirkung der komplexen Eiweißpräparate auf jüngste und ältere Larven der Gehalt an bestimmten, für die einzelnen Entwicklungsstufen besonders günstigen (oder auch ungünstigen) Aminosäuren allein entscheidend ist, ob eine bestimmte Abbauform der Proteinverbindungen von Bedeutung ist oder besondere „Wirkstoffe" eine Rolle spielen, muß dahingestellt bleiben. Das unterschiedliche Bedürfnis der einzelnen Entwicklungsstufen der *Hylotrupes*-Larven an Eiweißstoffen, insbesondere auch an bestimmten Aminosäuren, bzw. ihre Wachstumsreaktion darauf, erscheint jedenfalls der Beachtung wert.

Zur möglichst raschen Aufzucht von Hausbocklarven empfiehlt sich „Peptonum e caseino" der Firma F. Witte, Rostock, das für alle Larvengrößen sehr günstig ist. Es ist ferner leicht löslich und gut in Pulverform haltbar, während „Milchpepton" und „Pept. e carne" leichter zur

[1]) mit Milchzuckergehalt.

Feuchtigkeitsaufnahme und zum Verkleben und Verhärten zu neigen scheinen. „Pepton 203" ist für Eilarvenaufzucht sehr geeignet; sobald die Tiere jedoch etwas herangewachsen sind, ist es dem „Casein-Pepton" an Wirkung unterlegen.

Durch einen geringen Zusatz von Glucose (0,2 %) bei Tränkung des Holzes mit Pepton kann man die Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven nicht noch mehr steigern. Die Larven sind — wohl weil Kohlenhydrate in ihrer Nahrung im Überfluß vorhanden sind und sie selbst reichlich über Karbohydrasen in ihrem Darm verfügen (E. SCHLOTTKE und G. BECKER, 1942), Eiweiß aber zu wenig vorhanden ist — einem Zusatz von leichtverdaulichen Kohlenhydraten gegenüber so empfindlich, daß dieser sogar bei hinreichender Anwesenheit von Eiweißstoffen stört.

Tabelle 16

Einfluß von Glucose, Hefe und Vitamin B_1 neben Pepton auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven. (Versuchsbedingungen: Kiefernsplintholz, 28°, ~ 97 % rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 70 Tage.)

Zugesetzte Stoffe	%-Gehalt der Tränklösung	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichtes	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Anfangsgewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
					Versuchswert	bei „Vergleichswert = 100"
Vergleichsversuch . .	—	—	6	20...77	80	100
„Pepton 203"	—	2,3	6	19...75	572	720
„Pepton 203"	1	1,1	7	18...73	462	580
„Pepton 203" + Glucose	1 0,2	1,4	4	20...81	347	435
Hefe	5	·|·	5	23...96	198	240
„Pepton 203" + Glucose + Hefe .	1 – 0,2 5	·|·	5	21...91	243	305
Vergleichsversuch . .	—	—	10	6...58	105	100
Hefe	1	—	9	5...46	223	210
„Pept. e caseino" . .	1	1,4	9	5...37	1082	1030
„Pept. e caseino" . . + Hefe	1 1	·|·	10	5...41	1219	1165
Vergleichsversuch . .	—	—	10	5...58	105	100
Vitamin B_1	0,001	0,0014	10	5...48	106	101
„Pept. e casino" . . .	1	1,4	9	5...37	1082	1030
„Pept. e caseino" + Vitamin B_1 . .	1 0,001	1,4	10	5...52	1287	1230

Die in Tabelle 16 angegebenen Werte, die als ein Beispiel für die in verschiedenen Versuchsreihen stets bestätigte Erscheinung dienen sollen, zeigen, daß ein Zusatz von 1 % Pepton + 0,2 % Glucose zum Holz (aufgenommene Menge = 1,4 % des Holzgewichtes) eine deutlich geringere Wachstumsbeschleunigung zur Folge hat als 1 % Peptonzusatz allein. Erhöhung des Peptonzusatzes allerdings beschleunigt das Larvenwachstum weiter (s. Tabelle 16) bis zu einer bestimmten optimalen Eiweißmenge (G. BECKER, 1942), die für die einzelnen Eiweißpräparate und etwas für junge und alte Larven verschieden ist.

3. Der Einfluß von Hefe und Vitamin B

Hefezusatz fördert das Larvenwachstum sehr vieler Insekten mit verschiedenartigster Ernährungsweise. Unter den Vitaminen scheint die B-Gruppe für Insekten die wichtigste zu sein. (Von einer Nennung des recht umfangreichen Schrifttums für beide Fälle sei hier abgesehen.) Daher wurde schließlich noch der Wert von Hefe und der Vitamine B_1 und B_2 für die Larvenentwicklung von *Hylotrupes* geprüft.

Es wurde Brauereihefe in Form einer 1 %- oder 5 %-Aufschwemmung in 0,2 % Glucoselösung verwendet; die Kultur wurde nach 3tägiger Entwicklungszeit bei 28° C benutzt. Als Vitaminzugabe dienten kristallisiertes Aneurin („Betabion" von E. Merck) und Lactoflavinlösung („Laktoflavin" von Bayer). Um auch die Wachstumsverhältnisse der Larven bei hinreichender Eiweißnahrung zu berücksichtigen, wurden der Hefe- und der Vitaminzusatz vergleichsweise zusammen mit 1 % Peptonaufschwemmung gegeben. Die meisten Vitaminkonzentrationen wurden dem Holz nach Vorversuchen sogar nur zusammen mit Pepton zugesetzt, da es bei dieser Untersuchung nicht so sehr darauf ankam, die Bedeutung der beiden B-Vitamine quantitativ zu erfassen, als vor allem die Möglichkeit einer weiteren Wachstumsbeschleunigung durch sie zu prüfen.

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 16—18 zusammengestellt. Hefezusatz allein beschleunigt das Wachstum sowohl von Eilarven wie von größeren Tieren, jedoch nur um durchschnittlich das Dreifache gegenüber den Vergleichstieren in unbehandeltem Holz. Als Zusatz zu Pepton steigerte die Hefe die Entwicklungsbeschleunigung der Eilarven noch etwas gegenüber der alleinigen Verwendung von Pepton. (Dies könnte lediglich durch die weitere Vermehrung des Eiweißgehaltes im Holz bedingt sein.)

Aneurin erhöhte zusammen mit Pepton in einem eng begrenzten, niedrigen Konzentrationsbereich die Wachstumsgeschwindigkeit der *Hylotrupes*-Larven etwas gegenüber alleinigem Peptonzusatz (Tabelle 18, Abb. 8). Am günstigsten war die Anwendung von 0,0005 % Aneurinlösung. Dem entspricht unter den vorliegenden Verhältnissen ein Vitamin-B_1-Zusatz von 0,00065 % des Holzgewichtes. Oberhalb von etwa 0,001 % Aneurin je Holzgewicht verringert sich die wachstumsfördernde Wirkung, und von ungefähr 0,0017 % an ist ein schädigender Einfluß des Vitamin-B_1-Zusatzes zu beobachten. Aneurin (0,001 % Lösung) zu Kiefernsplintholz ohne gleichzeitige Peptonzugabe bewirkte bei Eilarven und größeren Tieren keine Beschleunigung des Larvenwachstums gegenüber dem mit destilliertem Wasser allein entsprechend behandelten Vergleichsholz.

Lactoflavin begünstigte das Larvenwachstum etwas mehr als Aneurin (Tabelle 18, Abb. 8). Im Gegensatz zu B_1 ist der mengenmäßige Bereich, in dem eine Förderung stattfindet, bedeutend größer, und eine

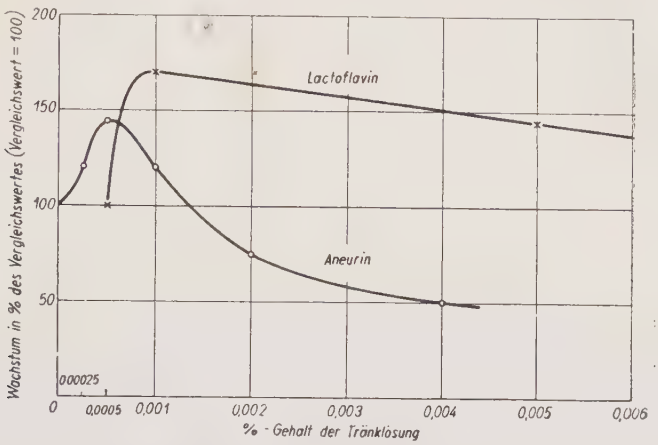


Abb. 8. Einfluß des Zusatzes von Vitamin B_1 (Aneurin, krist.) und Vitamin B_2 (flüss. Lactoflavin-Präparat) auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven (Versuchsbedingungen: Kiefernsplintholz mit 1% Peptonzusatz, 28° C, ~ 97% relative Luftfeuchtigkeit, 70 Tage Versuchsdauer)

Tabelle 17

Einfluß von Hefe und Vitamin B_1 (Aneurin) neben Pepton auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbock-Eilarven. (Versuchsbedingungen: Kiefernsplintholz, 28°, ~97% rel. Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer: 110 Tage.)

Zugesetzte Stoffe	% Gehalt der Tränklösung	Aufgenommene Menge in % des Holzgewichtes	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Larvengewicht in mg bei Versuchsende			Durchschnittl. Larvengewicht bei „Vergleichswert = 1,0“
				kleinstes	größtes	durchschnittl.	
Vergleichsversuch . .	—	—	3	0,8	1,7	1,2	1
„Pepton 203“ . . . . + Glucose	1 0,2	1,4	3	11,4	35,6	20,2	17
„Pepton 203“ + Glucose + Hefe	1—0,2 5	·|·	3	7,4	36,0	20,7	17
Vergleichsversuch . .	—	—	9	1,0	3,3	1,7	1
Hefe	1	·|·	10	2,8	8,5	5,9	4
Vitamin B_1	0,001	0,0014	4	0,7	3,1	1,4	1
„Pept. e caseino“ . .	1	1,4	7	21,0	53,0	37,6	23
„Pept. e caseino“ . . . + Hefe	1 1	·|·	5	75,9	122,6	63,2	37
„Pept. e caseino“ + Vitamin B_1 . .	1 0,001	1,4	6	48,5	68,4	46,7	28

Tabelle 18

Einfluß von Aneurin (Vitamin B_1) und Lactoflavin (Vitamin B_2) neben Pepton auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Hausbocklarven. (Versuchsbedingungen: Kiefernsplintholz mit Zusatz von „Peptonum e caseino" in ∼ 1,4 % des Holzgewichtes, 28° C, ∼ 97 % relative Luftfeuchtigkeit; Versuchsdauer 70 Tage.)

Peptonzusatz zum Holz	Vitaminzusatz	%-Gehalt der Tränklösung an Vitamin	Anzahl der Larven bei Versuchsende	Anfangsgewicht der Larven in mg	Durchschnittliche Gewichtszunahme der Larven in % des Anfangsgewichtes	
					Versuchswert	bei „Vergleichswert = 100"
—	—	—	10	6... 58	105	100
—	Aneurin	0,001	10	5... 48	106	101
	—	—	5	23... 85	163	100
	Aneurin	0,00025	4	24... 87	195	120
	„	0,0005	6	24... 88	235	144
„Peptonum e caseino" (1 % Zusatz zur Tränklösung)	—	—	9	Eilarven	1203	100
	Aneurin	0,001	8	„	1468	122
	—	—	9	5... 37	1082	100
	Aneurin	0,001	10	5... 52	1287	119
	—	—	7	30... 92	152	100
	Aneurin	0,002	8	28... 94	114	75
	„	0,004	7	31... 90	78	51
—	—	—	6	16... 50	44	100
—	Lactoflavin	0,001	5	16... 48	39	89
	—	—	5	9... 48	453	100
„Peptonum e caseino" (1 % Zusatz zur Tränklösung)	Lactoflavin	0,00025	4	13... 48	417	92
	„	0,0005	6	13... 45	445	98
	—	—	5	94...268	51	100
	Lactoflavin	0,001	5	108...273	87	171
	„	0,005	5	128...309	74	145
	„	0,01	5	142...314	64	125

Schädigung durch Hypervitaminose ist sogar bei der zehnfachen Konzentration der optimalen Dosis noch nicht zu beobachten. Diese liegt bei ungefähr 0,001 % des Lactoflavinpräparates je Holzgewicht. Aber auch in diesem Bereich wird die Gewichtszunahme der Larven gegenüber alleinigem Peptonzusatz noch nicht verdoppelt. — Das Ergebnis, daß Vitamin B_2 günstiger wirkt als B_1 steht in Übereinstimmung mit den Beobachtungen an anderen Insekten. (Vgl. z. B. A. HERFS, 1936, A. FRÖBRICH, 1939, K. OFFHAUS, 1939, und andere.) Im einzelnen soll darauf aber nicht eingegangen werden, da bei *Hylotrupes* in den Kontrollversuchen keine vitaminfreie Nahrung verwendet wurde, ein unmittelbarer Vergleich mit anderen Versuchen also nicht möglich ist.

VIII. Die Abhängigkeit der Verpuppung von Außenbedingungen

Die unter optimalen Ernährungs- und Klimabedingungen gehaltenen Hausbocklarven entwickeln sich — im Vergleich zu den unter „natürlichen" Umweltverhältnissen aufwachsenden Tieren — außerordentlich schnell. Es fiel jedoch auf, daß die ausgewachsenen Larven sich nicht

verpuppten und die Weiterentwicklung zum Käfer lange Zeit ausblieb. Das Larvengewicht veränderte sich nur wenig, nachdem sie eine gewisse Größe erreicht hatten. Die Verpuppung tritt sonst bei männlichen Tieren von einem Larvengewicht von ~ 50 mg, bei weiblichen von ~ 80 mg an ein (G. Becker, 1942 b). Aber selbst ungewöhnlich große Tiere — es wurden in kurzer Zeit Larven bis zu 0,7 g Gewicht herangezogen! — verpuppen sich noch nach Jahresfrist nicht, wenn man sie unter gleichbleibenden günstigen Ernährungs- und Klimaverhältnissen hält. Derartige Bedingungen, insbesondere konstante optimale Temperatur, besitzen nach den vorliegenden Beobachtungen geradezu eine hemmende Wirkung auf den Verpuppungsvorgang.

Für Zwecke der Holzschutzmittelprüfung im Laboratorium ist es erwünscht, Hausbockkäfer und damit auch Eilarven möglichst zu allen Jahreszeiten zur Verfügung zu haben. Es wurde daher angestrebt, die Auslösung der Verpuppung nach Möglichkeit experimentell in die Hand zu bekommen. Bei zahlreichen Tieren ist dies ohne jede Schwierigkeit zu erreichen. Teils tritt die Verpuppung ein, sobald die Larven eine gewisse Größe erreicht haben, teils ist sie unabhängig von der Güte der Nahrung zeitgebunden, teils kann man sie (wie z. B. bei gewissen für Versuchszwecke viel benutzten Lepidopteren) durch Hunger vorzeitig auslösen usw. Dabei ist es dafür, daß eine Verpuppung eintritt, bei zahlreichen Insekten unwesentlich, ob gleichbleibende oder wechselnde Bedingungen herrschen.

Zur Frage der Abhängigkeit der Häutung und Verpuppung von Nahrung und Temperatur gibt z. B. A. Herfs (1936) verschiedene Hinweise. Anscheinend sind Schmetterlinge bei Hunger zu einer Notverpuppung imstande, Käfer dagegen nicht; bei Fliegen soll Hunger eine Entwicklungsbeschleunigung zur Folge haben. Die Häutungszahl der Käferlarven scheint von der Temperatur abzuhängen; bei *Tineola* ist dies nicht der Fall.

Die Beachtung und Untersuchung der Verhältnisse bei *Hylotrupes bajulus* verlohnt sich auch aus einer allgemeineren Fragestellung heraus. Weiß man doch durch die entwicklungsphysiologischen Untersuchungen von A. Kühn, H. Piepho und anderen, über die zuletzt H. Piepho (1943) zusammenfassend berichtet hat, schon sehr viel über die Hormonabhängigkeit der Insektenmetamorphose und die stoffliche Steuerung der sich dabei im Körperinnern abspielenden Vorgänge; aber über die zeitlich davor liegende Auslösung der Hormonbildung und -Ausschüttung im Gehirn und die — sicherlich bei den einzelnen Insektengruppen und -arten sehr unterschiedlichen — stofflichen und umweltabhängigen Voraussetzungen dafür ist noch so gut wie nichts bekannt oder in diesem Zusammenhang beachtet, ja der Eintritt der Hormonbildung nach Abschluß der körperlichen Entwicklung wird im allgemeinen für so selbstverständlich gehalten, daß man die Frage nach diesen Voraussetzungen wohl für mehr oder weniger überflüssig hält.

Die in dieser Richtung mit *Hylotrupes*-Larven angestellten Versuche wurden leider durch die Kriegsverhältnisse immer wieder unter-

brochen und die meisten Unterlagen darüber gingen schließlich verloren. Die bisherigen Ergebnisse aber seien auch ohne diese kurz mitgeteilt. Durch Hungernlassen ausgewachsener Larven kann man deren Verpuppung nicht auslösen. Die meisten Tiere verhungern, ohne sich zu verpuppen. Zeitweilige oder dauernde Herabsetzung der Luft- und Holzfeuchtigkeit führt ebenfalls nicht zur Metamorphose. Von Tieren, die dauernd bei 20° C gehalten werden, verpuppen sich einzelne nach langer Zeit, während dies bei dauernd 28° C, dem ungefähren Optimum für die Larvenentwicklung, noch seltener eintritt. Ein Wechsel von 20° und 28° in täglichem oder mehrwöchigem Rhythmus erhöht die Anzahl von Verpuppungen ein wenig. Mit gewisser Sicherheit läßt sich indessen eine Verpuppung nur erreichen, wenn man die Larven längere Zeit bei Temperaturen hält, die unterhalb der Grenze für ihre Bewegungsfähigkeit liegen. Am wirksamsten scheinen Unterkühlungen unter dem Gefrierpunkt zu sein. Über die erforderliche Tiefe und Dauer der Kälteeinwirkung können noch keine genauen Angaben gemacht werden. Bis zu einem gewissen Grade scheint daneben bei den Tieren der jahreszeitliche Rhythmus trotz längerer Haltung unter verschiedenen Laboratoriumsbedingungen bestehen zu bleiben.

Wenn auch bisher die erforderlichen Temperatur- und Zeitbedingungen nicht angegeben werden können, so hat sich doch klar gezeigt, daß bei *Hylotrupes bajulus* eine Unterbrechung der Entwicklung durch tiefe Temperaturen oder die Ausbildung gewisser Stoffe unter dem Einfluß der Kälte die Voraussetzung für eine Verpuppung bildet.

Bei den mitteleuropäischen Cerambyciden ist zwar ein 1- oder 2jähriger Entwicklungszyklus mit Verpuppung zu Beginn des Frühlings oder Sommers sehr häufig, und möglicherweise steht auch bei anderen Arten als *Hylotrupes bajulus* die Verpuppung im Zusammenhang mit einer Temperatursenkung. Aber es gibt Arten, bei denen eine „Hiemalisation" keineswegs erforderlich ist. Zum Beispiel hat *Acanthocinus aedilis* L. in warmen Jahren zwei Generationen (K. ESCHERICH, G. BECKER); *Gracilia minuta* L. verpuppt sich auch in Räumen, die im Winter geheizt sind (H. WALDMANN); *Cerambyx cerdo* L. erfolgt die Verpuppung teils bereits im Herbst, teils im Frühjahr (D. F. RUDNEW, E. DÖHRING).

Auch bei anderen Insektengruppen bestehen anscheinend gleichfalls bei systematisch nahe verwandten Tieren mit ähnlicher Lebensweise Unterschiede hinsichtlich der Verpuppungsbedingungen. *Ephestia kühniella* Zell. verpuppt sich in ausgewachsenem Zustand bei beliebigen konstanten Temperaturen; *E. elutella* Hbn. soll nach F. ZACHER[1]) eines Temperaturwechsels bedürfen. *Tineola biselliella* Hum. verhält sich

[1]) Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn Ob. Reg.-Rat Dr. F. ZACHER.

wie *E. kühniella; Tinea pellionella* L. scheint sich nach eigenen Beobachtungen erst nach winterlichem Temperaturrückgang verpuppen zu können. — Derartige Beispiele und die gesamte Frage sollten weiter verfolgt werden. — Bekannt ist der Einfluß von Kälteschocks auf die Metamorphose von Schmetterlingen. Genauere entwicklungsphysiologische Untersuchungen fehlen aber auch hier.

IX. Arbeitsanweisung zur Haltung und schnellstmöglichen Aufzucht der Hausbockkäfer-Larven

Als Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen über den Einfluß von Klimabedingungen und Nahrungszusätzen zum Holz lassen sich folgende kurze Richtlinien für eine möglichst rasche Aufzucht der Hausbocklarven aufstellen:

1. Die Temperatur betrage während des größten Teils der Zeit 28—30 ° C. In gewissen Abständen ist für eine kürzere Zeitdauer, beispielsweise an 2 von 7 Tagen oder in 1 von 4 Wochen die Wärme herabzusetzen, z. B. auf etwa 20 ° C.

2. Die relative Luftfeuchtigkeit betrage während des größten Teils der Zeit möglichst 97—100 %. Eine gelegentliche Anfeuchtung des Holzes über dessen Fasersättigungspunkt hinaus kann erfolgen. Bei jüngeren Larven ist in gewissen Zeitabständen eine kürzere Austrocknung des Holzes vorzunehmen.

3. Das verwendete Kiefernsplintholz ist mit einer 1—2prozent. Aufschwemmung von „Peptonum e caseino" (oder gegebenenfalls von „Peptonum e carne" oder „Milch-Pepton" oder insbesondere bei Eilarven auch von „Pepton 203", sämtlich von der Firma F. Witte, Rostock) unter Anwendung von Unterdruck zu tränken. Dabei kann 0,001 % Lactoflavin zugesetzt werden. Vor dem Einsetzen der Tiere muß das Holz wieder ausgetrocknet sein.

Im übrigen sei auf die bereits früher betonten Erfordernisse wie Einzelhaltung der Larven in den Holzklötzchen und Verhinderung des Überwanderns der Tiere in den Hygrostaten von einem Holz in das andere, Vermeidung jeglicher Verletzungen bei der Handhabung der Tiere usw. hingewiesen.

Bei den angegebenen Zuchtbedingungen kann man in etwa 6—12 Monaten ausgewachsene Larven und die ersten Käfer erhalten, also eine ganz wesentliche Beschleunigung der sonst sehr langen Entwicklungszeit des Schädlings erzielen.

Damit eine Verpuppung eintritt, müssen erwachsene Larven einer mehrwöchigen Einwirkung niedriger Temperaturen in Nähe des Gefrierpunktes ausgesetzt werden.

X. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Die Temperatur, die, in gleichbleibender Höhe angewandt, das rascheste Larvenwachstum bewirkt, ist für jüngste und ältere Larven verschieden. Die jüngsten Larven wachsen bei 30 ° C schneller als bei 28 ° C, und die für sie günstigste Wärme liegt anscheinend sogar ober-

halb 30° C; etwas ältere Larven (mit durchschnittlich um 25 mg Anfangsgewicht) haben die für ihr Wachstum günstigste Wärme bei ungefähr 29° C, größere Tiere (über 100 mg) bei ungefähr 28° C. Das Temperaturoptimum für die Wachstumsgeschwindigkeit wird also mit zunehmender Larvengröße geringer.

2. Die wachstumsverzögernde Wirkung der Temperaturen unterhalb des Optimums wirkt sich auf jüngere Larven stärker aus als auf ältere, wenn man die Wachstumsgeschwindigkeit bei günstiger Wärme als Vergleichsmaßstab zugrunde legt. Durch hohe Temperaturen oberhalb des Optimums werden andererseits größere Tiere mehr im Wachstum gehemmt als Eilarven.

3. Anscheinend besteht ein zahlenmäßig erfaßbarer Zusammenhang zwischen der unterschiedlichen Temperaturabhängigkeit der einzelnen Größenstufen und der Wachstumsgeschwindigkeit der Larven im Verhältnis zum Anfangsgewicht.

4. Der Einfluß eines regelmäßigen Wärmewechsels ist ebenfalls auf jüngste und ältere Larven verschieden. Eilarven wachsen bei gleichbleibender günstiger Temperatur rascher — entsprechend der Wärmesumme — als bei zeitweilig verminderter Wärme; ältere Larven dagegen werden in ihrer Entwicklung durch regelmäßige Herabsetzung der Temperatur für eine bestimmte Zeit, beispielsweise von 28° C auf 20° C oder auf ungefähr 5° C, gegenüber einer gleichbleibenden Wärme von 28° C gefördert.

5. Ein Wechsel von 24° C zu 37° C im Verhältnis von 16 zu 8 Stunden (Sommertemperaturen) ergab ein langsameres Wachstum als Haltung bei dauernd 28° C.

6. Zeitweilige Herabsetzung der in der übrigen Zeit besonders günstigen Luftfeuchtigkeit neben einer Temperatursenkung führte bei Eilarven zu einer Verminderung der Sterblichkeit gegenüber den bei konstanten Feuchtigkeitsbedingungen gehaltenen Tieren.

7. Die untere Grenze für ein Larvenwachstum liegt bei jüngsten Tieren anscheinend um einige Grad höher als bei älteren oder größeren. Die obere Grenze befindet sich bei $\sim$ 38° C. Ältere Larven wachsen noch bei etwas höherer Temperatur als jüngere, der Unterschied ist aber nicht groß.

8. Die für die Gewichtszunahme der Larven günstigste Holzfeuchtigkeit liegt bei etwa 40—55 %. In diesem Feuchtigkeitsbereich wachsen die Tiere noch etwas schneller als bei gesättigter Luftfeuchtigkeit (entsprechend 27—28 % Holzfeuchtigkeit), die Sterblichkeit ist aber gegenüber dieser Bedingung erhöht. Noch höhere Feuchtigkeit ist ungünstig bzw. führt zu einem Absterben der Larven. Bei einer Holzfeuchtigkeit dicht oberhalb des Fasersättigungspunktes wuchsen die Larven wider Erwarten und aus unbekannten Gründen langsamer als selbst bei ungefähr 24 % Holzfeuchtigkeit. — Zeitweilige (nicht allzu starke) Durchfeuchtung des Holzes fördert die Entwicklung der *Hylotrupes*-Larven.

9. Das verschiedene durchschnittliche Anfangsgewicht der Eilarven auf Grund der von der Käferlänge und von der Anzahl bereits abgelegter Eier etwas abhängigen Eigröße hat offenbar keinen Einfluß auf das spätere Larvengewicht. Ebenso ließ sich eine Abhängigkeit des späteren Larvengewichtes von der verschiedenen individuellen Anfangsgröße der Eilarven nicht mit Sicherheit feststellen.

10. Dagegen führt die Herabsetzung der relativen Luftfeuchtigkeit während der Embryonalentwicklung, die eine Verminderung des Eilarvengewichtes sowie eine wesentliche Zunahme der Larvensterblichkeit während der Embryonalzeit zur Folge hat, zu einer Erhöhung des durchschnittlichen Endgewichtes und außerdem zu einer Abnahme der postembryonalen Larvensterblichkeit gegenüber den Tieren mit optimalen Bedingungen während der Eientwicklung. Die Erhöhung des Durchschnittsgewichtes nach einer bestimmten Entwicklungszeit ist dadurch bedingt, daß infolge der geringen Luftfeuchtigkeit während der Embryonalzeit gerade diejenigen Larven absterben, die später am langsamsten heranwachsen.

11. Im Gegensatz zu Symbionten enthaltenden Cerambycidenlarven, die beim Schlüpfen ein Loch in die Eischale oder diese gänzlich fressen und sich dabei mit den Symbiontensporen infizieren, reißt bei dem symbiontenlosen *Hylotrupes* die Eischale ein, und die Eilarve kriecht daraus hervor, ohne davon zu fressen.

12. Die Eilarven besitzen beim Einbohren in das Holz ein begrenztes Wahlvermögen, das sie Laubholz und stärker harzhaltige Stellen zwar im allgemeinen, aber nicht mit Sicherheit meiden läßt. Ob und wie sie und insbesondere ältere Larven den für sie günstigen höheren Eiweißgehalt feststellen, der sie zu „Platzfraß" veranlaßt, ist ungeklärt.

13. Die Hausbocklarven besitzen eine bei Eilarven wenig, bei älteren Tieren deutlich ausgeprägte negative Geotaxis.

14. Durch lange Hungerfähigkeit, die bei ungefähr 20 ° C und hoher Luftfeuchtigkeit durchschnittlich etwa 3 Wochen beträgt, zeichnet sich *Hylotrupes* vor anderen ähnlichen Cerambyciden-Eilarven besonders aus.

15. Die früheren Ergebnisse über die Larvenernährung werden kurz zusammengestellt. Danach ist Eiweiß die für die Entwicklung entscheidende Stoffgruppe. Es wird auf Zusammenhänge zwischen Symbionten und Eiweißstoffwechsel gerade auch bei gewissen Holzfressern hingewiesen.

16. Nach den vorliegenden Untersuchungen sind die Eiweißstoffe, die als Zusatz zum Holz die Larvenentwicklung am meisten beschleunigen: „Peptonum e caseino" und daneben „Peptonum e carne", „Milchpepton" und insbesondere für Eilarven auch „Pepton 203" (Firma F. Witte, Rostock). In 70tägiger Versuchsdauer ließ sich eine durchschnittliche Entwicklungsbeschleunigung gegenüber Tieren in unbehandeltem Kiefernsplintholz bis um das ungefähr 10—25fache erzielen.

17. Der wachstumsfördernde Einfluß verschiedener Pepton- (und anderer eiweißhaltiger) Präparate ist bei den einzelnen Größenstufen der

Larven unterschiedlich. Es gibt Produkte, die für Eilarven besonders günstig sind, deren „relativer" Nahrungswert aber mit zunehmender Larvengröße abnimmt, und andere, die sich umgekehrt verhalten. Die physiologisch noch nicht erklärten Beziehungen entsprechen der früheren Beobachtung, daß auch einzelne Aminosäuren eine spezifische Wirkung auf die verschieden großen Larven besitzen.

18. Ein geringer Glucosezusatz zu Pepton hat keine weitere Steigerung der Entwicklungsgeschwindigkeit, vielmehr deren Herabsetzung gegenüber alleiniger Anwendung von Pepton zur Folge.

19. Hefezusatz fördert die Larvenentwicklung, aber nicht in besonderem Maße. Als Zugabe zu Pepton steigert Hefe die Wachstumsgeschwindigkeit etwas gegenüber alleinigem Peptonzusatz.

20. Vitamin B_1 (Aneurin) beschleunigt, in geringerer Konzentration als in 0,0015 % des Holzgewichtes zusammen mit Pepton zugesetzt, das Larvenwachstum etwas gegenüber alleinigem Peptonzusatz. Ohne gleichzeitige Eiweißanreicherung des Holzes wurde eine Wachstumsförderung durch Aneurin nicht beobachtet. Oberhalb von ungefähr 0,0015 % Aneurin je Holzgewicht tritt eine schädigende Hypervitaminosewirkung auf.

21. Vitamin B_2 (Lactoflavin) wirkt (ebenfalls zusammen mit Pepton) etwas günstiger als Vitamin B_1. Im optimalen Konzentrationsbereich wird die Wachstumsgeschwindigkeit gegenüber alleinigem Peptonzusatz nahezu verdoppelt. Zehnfache Dosis der wirksamsten Menge bewirkt noch keine Wachstumshemmung.

22. Gleichbleibende günstige Temperatur- und Ernährungsbedingungen hemmen bei Hausbocklarven den Eintritt der Verpuppung. Diese wird durch längere Einwirkung niedriger Temperaturen, vor allem in Nähe des Gefrierpunktes ausgelöst. Einzelbedingungen dieses für die Metamorphose erforderlichen Temperaturwechsels sind noch nicht bekannt.

23. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse wird eine kurze Arbeitsanweisung zur zweckmäßigsten Haltung und schnellstmöglichen Aufzucht der *Hylotrupes*-Larven unter Angabe der geeignetsten Temperatur-, Feuchtigkeits- und Ernährungsbedingungen zusammengestellt. Nach dieser Anweisung lassen sich erwachsene Larven und Käfer bereits in 6—12 Monaten heranzüchten.

Schrifttum

BECKER, G., Zur Ernährungsphysiologie der Hausbockkäferlarven (*Hylotrupes bajulus* L.). Naturwiss. **26** (1938), 462/63.

— — Prüfung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln gegenüber Eiablage und Eientwicklung sowie als Berührungs- und Atmungsgift gegen Eilarven des Hausbockkäfers. Holz als Roh- u. Werkstoff **4** (1941), 7—14.

— — Untersuchungen über die Ernährungsphysiologie der Hausbockkäferlarven. Z. vergl. Physiol. **29** (1942 a), 315—388.

— — Beiträge zur Kenntnis des Hausbockkäfers. Z. hyg. Zool. **34** (1942 b), 83—107.

Becker, G., Ökologische und physiologische Untersuchungen über die holzzerstörenden Larven von *Anobium punctatum* De Geer. Z. Morphol. Ökol. d. Tiere **39** (1942 c), 98—152.
— — Beobachtungen und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis des Mulmbockkäfers *(Ergates faber* L.). Z. angew. Entomol. **29** (1942 d), 1—30 und **30** (1943 a), 263—296.
— — Zur Ökologie und Physiologie holzzerstörender Käfer. Z. angew. Entomol. **30** (1943 b), 104—118.
— — Sinnesphysiologische Untersuchungen über die Eiablage des Hausbockkäfers. Z. vergl. Physiol. **30** (1944 a), 253—299.
— — Der natürliche Schutz des Laubholzes gegen Hausbockkäferlarven und seine Ursache. Z. angew. Entomol. **30** (1944 b), 391—417.
Buchner, P., Tier und Pflanze in intrazellularer Symbiose. Berlin 1921.
— — Tier und Pflanze in Symbiose. Berlin 1930.
Döhring, E., Zur Biologie des großen Eichenbockes *(Cerambyx cerdo* L. *Col.)* unter besonderer Berücksichtigung der Populationsbewegungen im Areal. Diss. Math.-Naturwiss. Fak. Univ. Berlin 1948.
Finkenbrink, W., Versuche über das Fortbewegungsvermögen der Eilarven des Hausbockkäfers *(Hylotrupes bajulus).* Anz. f. Schädlingsk. **16** (1940), 41—43.
Friederichs, K., Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie. Berlin, Verlag von Paul Parey, 1930.
Fröbrich, G., Untersuchungen über Vitaminbedarf und Wachstumsfaktoren bei Insekten. Z. vergl. Physiol. **27** (1939), 335—383.
Gösswald, K., Richtlinien zur beschleunigten Heranzucht des Hausbocks *(Hylotrupes bajulus* L.). Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst Nr. 3 (1929).
Goetsch, W., Offhaus, K., u. Tóth, L., Untersuchungen über Flagellaten- und Bakteriensymbiosen bei Termiten. Naturwiss. **32** (1944), 48.
Heitz, E., Über intracelluläre Symbiose bei holzfressenden Käferlarven, 1. Z. Morphol. Ökol. Tiere **7** (1927), 279—305.
Herfs, A., Ökologisch-physiologische Studien an *Anthrenus fasciatus* Herbst. Zoologica **34** (1936), H. 90.
Herter, K., Über den Temperatursinn von Vorratsschädlingen. Mitt. Ges. Vorratsschutz **18** (1943), 74—77; **19** (1944), 5—11, 23—24, 31—36, 45—49.
Janisch, E., Die Bedeutung des Optimums für den Massenwechsel forstschädlicher Insekten. Verhandl. VII. Internat. Kongr. f. Entomol. Berlin 1938, III (1939), 1974—1989.
Kaltwasser, J., Der Nahrungswert des Holzes für die Larven des Hausbockkäfers *(Hylotrupes bajulus).* Mitt. Biol. Reichsanst. Land- u. Forstwirtsch. **65** (1941), 78—79.
Kaufmann, O., Einige Bemerkungen über den Einfluß von Temperaturschwankungen auf die Entwicklungsdauer und Streuung bei Insekten und seine graphische Darstellung durch Kettenlinie und Hyperbel. Z. Morphol. Ökol. Tiere **25** (1932), 253—361.
Koch, A., Symbionten und Vitamine. Naturwiss. **21** (1933), 543.
— — Symbiosestudien. 1. Die Symbiose des Splintkäfers *Lyctus linearis* Goeze. Z. Morphol. Ökol. Tiere **32** (1936), 92—136.
— — Über den gegenwärtigen Stand der experimentellen Symbioseforschung. Verhandl. VII. Intern. Kongr. f. Entomol. Berlin 1938, II (1939), 760—771.
Michel, E., Beiträge zur Kenntnis von *Lachnus (Pterochlorus) roboris* L., einer wichtigen Honigtauerzeugerin an der Eiche. Z. angew. Entomol. **29** (1942), 243—281.
Offhaus, K., Der Einfluß von wachstumsfördernden Faktoren auf die Insektenentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Phytohormone. Z. vergl. Physiol. **27** (1939), 384—428.
Piepho, H., Wirkstoffe in der Metamorphose von Schmetterlingen und anderen Insekten. Naturwiss. **31** (1943), 329—335.

Rudnew, D. F., Der große Eichenbock *(Cerambyx cerdo* L.), seine Lebensweise, wirtschaftliche Bedeutung und Bekämpfung. Z. angew. Entomol. **22** (1936), 61—96.

Schanderl, H., Über die Assimilation des elementaren Stickstoffes der Luft durch die Hefesymbionten von *Rhagium inquisitor* L. Z. Morphol. Ökol. Tiere **38** (1942), 526—533.

Schlottke, E., Über die Verdauungsfermente im Holz fressender Käferlarven. Zool. Jahrb. Abt. Allg. Zool. u. Physiol. **61** (1945), 88—140.

— — u. Becker, G., Verdauungsfermente im Darm der Hausbockkäferlarven. Biologia generalis **16** (1942), 1—10.

Schuch, K., Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Larven des Hausbockkäfers *(Hylotrupes bajulus* L.). Z. angew. Entomol. **23** (1936), 547—558.

— — Experimentelle Untersuchungen über den Nahrungswert von Kiefern- und Fichtenholz für die Larven des Hausbockkäfers *(Hylotrupes bajulus* L.). Z. Pflanzenkrankh. **47** (1937 a), 572—585.

— — Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf das Wachstum der Hausbockkäferlarven. Z. angew. Entomol. **24** (1937 b), 357—566.

— — Zur Physiologie und Ökologie des Hausbockkäfers *(Hylotrupes bajulus* L.). Berlin-Dahlem (Verb. öff. Feuer-Versicherungsanst. in Deutschland) 1938.

Schwerdtfeger, F., Über die Ursachen des Massenwechsels der Insekten. Z. angew. Entomol. **28** (1941), 254—303.

Speyer, W., Entomologie. Dresden u. Leipzig 1937.

Steiner, P., Hausbockuntersuchungen (1. Mitt.). Über den Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf das Eistadium und Bemerkungen zur Biologie der Imago. Z. angew. Entomol. **23** (1936), 531—546.

Stellwaag, F., Kritische Untersuchungen zur Analyse des Massenwechsels der Insekten. Z. angew. Entomol. **30** (1944), 501—525.

Tóth, L., Wolsky, A., u. Bátory, A., Stickstoffbindung aus der Luft bei den Aphiden und bei den Homopteren *(Rhynchota Insecta).* Z. vergl. Physiol. **30** (1942), 67—73.

Waldmann, H., Beiträge zur Kenntnis von *Gracilia minuta* F. *(Cerambycidae*-Bockkäfer). Diss. Techn. Hochschule Darmstadt 1945.

Weidner, H., Der Hausbock. Z. Pflanzenkrankh. **46** (1936), 306—326.

Personalien

Professor Dr. ENOCH ZANDER 75 Jahre

Was hat Professor ZANDER der Bienenkunde und Bienenzucht gegeben?

Von

K. ESCHERICH

Über einen so seltenen Forscher und Menschen, wie ZANDER ist, einen Geburtstagsartikel zu schreiben, war mir ein wahres Herzensbedürfnis und zugleich ein großer Genuß. Ist es oft doch so, daß man bei solchen Anlässen Mühe hat, das wenige Positive zusammenzukratzen, das der feiernde „Jubilar" der Wissenschaft gegeben hat, um einen einigermaßen anständigen Geburtstagsartikel fertigzubringen. Bei ZANDER hat man im Gegenteil Mühe, das unendlich Viele und Große, das er seiner Wissenschaft und der Praxis geschenkt hat, im Rahmen eines normalen Geburtstagsartikels zu würdigen. Und so muß ich mich hier nur auf das Wichtigste und Grundlegende seiner Lebensarbeit beschränken.

Als eines seiner wertvollsten Forschungsergebnisse erachtet er, wie er mir persönlich immer wieder betonte, die Entdeckung des Erregers einer der schlimmsten Seuchen der erwachsenen Bienen: der sogenannten Darmseuche. Die Arbeiten hierüber, die schon vor der Gründung der Anstalt einsetzten, ergaben, daß es sich um ein Protozoon handelte, eine Microsporidie, die er einwandfrei als *Nosema*-Art bestimmte und *Nosema apis*

benannte, eine nahe Verwandte des Erregers der Seidenraupenpest *Nosema bombycis*. Auf diese Entdeckung ist ZANDER zeitlebens sehr stolz gewesen, denn keiner der damaligen Protozoen-Spezialisten vermochte ihn auf die richtige Fährte zu bringen. Die erste ausführliche Darstellung der *Nosema*-Seuche erfolgte 1911 im 2. Band seines Handbuches der Bienenkunde.

Aber auch den übrigen Bienenkrankheiten wandte er von allem Anfang an seine volle Aufmerksamkeit zu. Dabei erkannte er bald, daß die ganze damals übliche Bienenpflege so unhygienisch wie nur möglich war, was ihm Veranlassung gab, eine auf peinliche Reinlichkeit, regelmäßige Wabenerneuerung und tunlichst gesonderte Behandlung der Bienenvölker abzielende hygienische Betriebsweise zu entwickeln.

Daneben liefen eigene Untersuchungen und solche seiner Schüler (STELLWAAG, METZGER, LÖSCHEL, MEIER und BECKER) über anatomische, morphologische und entwicklungsgeschichtliche Probleme der Honigbiene, die in zahlreichen Veröffentlichungen niedergelegt sind (1910—1925).

Von 1910 an erschien dann nach und nach sein 7bändiges Handbuch der Bienenkunde (Verlag Eugen Ulmer — Stuttgart), dessen wichtigste Bände zahlreiche Auflagen bis in die Gegenwart erlebten. Es wird noch immer im In- und Ausland als das beste Spezialwerk bewertet. Inzwischen erfolgten auch zahlreiche stark gekürzte Darstellungen des gleichen Stoffes, die weite Verbreitung gefunden haben[1]). Erlebte doch der „Leitfaden einer zeitgemäßen Bienenzucht" eine Auflage von 130 000 Exemplaren.

Von allem Anfang an war es ZANDERS Bestreben die unmittelbaren Erträge aus der Bienenzucht, die Wachs- und Honigernte, zu steigern. Dabei war ihm von vornherein klar, daß dies nur auf dem Umweg über die Königin und den Drohn, der sich auf dem Hochzeitsflug mit ihr paart, geschehen kann. So kam er dazu, der Königinnenzucht seine besondere Aufmerksamkeit zu widmen, d. h. Königinnen zu züchten, deren Nachkommen immer höhere Leistungen aufwiesen. Zunächst hieß es die Grundlagen durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen, die in Gemeinschaft mit LÖSCHEL, MEIER und BECKER ausgeführt wurden, zu schaffen, sodann Technik und Arbeitsweise zu vervollkommnen und durch Schaffung von kilometerweit bienenfreien Paarungsplätzen, sogenannten Belegstellen, wie sie bereits in der Schweiz gebräuchlich waren, die Verbastardierungsgefahren der unkontrollierbaren Paarung am Bienenstand nach Möglichkeit auszuschalten. Die ersten Erfahrungen hierüber wurden in der 6. Flugschrift der Deutschen Ge-

[1]) Bienen und Bienenzucht. Teubner, Leipzig (Aus Natur und Geisteswelt), 1919. — Bienen und Bienenzucht. Ein Handbuch der Landwirtschaft. Paul Parey, Berlin, 1929. — Leitfaden einer zeitgemäßen Bienenzucht. Landesverein Bayer. Bienenzüchter 1926—48. — Immen und Imkerei. Eugen Ulmer 1948. — Leitfaden einer zeitgemäßen Bienenzucht. 8. Aufl. Fr. Ehrenwirt, München 1948.

sellschaft für angewandte Entomologie („Zucht und Pflege der Bienenkönigin", Paul Parey, 1917, in 6. Auflage erschienen 1944) veröffentlicht. Diese Bestrebungen fanden auch sonst in der Tierzucht Beachtung und hatten 1918 die Herausgabe einer Flugschrift der „Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde" (Züchterische Bestrebungen zur Veredelung der Honigbiene) zur Folge, in der besonders die durch die parthenogenetische Entstehung der Drohnen bedingten eigenartigen Erbgänge herausgestellt wurden. Zander hat nie aufgehört in Wort, Bild und Schrift für diese wichtige Aufgabe zu werben. Er führte auch in den Arbeitsgang der Königinnenzucht die Äthernarkose ein, um in schonendster Weise die neuen Königinnen mit den unentbehrlichen Arbeitsbienen zusammenzubringen.

Ein weiterer Markstein in der Lebensgeschichte des großen Imkers und Bienenforschers war die Schaffung der weltbekannten „Zanderbeute". Schon frühzeitig ward ihm klar, daß die gebräuchlichen Bienenwohnungen mit Hinterbehandlung und naturwidriger querer Wabenstellung in keiner Weise den Forderungen einer naturgemäßen, bequemen und schonenden Bienenpflege gerecht wurden. Daher ging sein Bestreben schon vor dem 1. Weltkrieg dahin, eine den natürlichen Verhältnissen gerechter werdende Beute zu konstruieren, und so schuf er die einfache Bienenwohnung mit Oberhandlung, die von der DLG. bis zum Jahre 1929 zur Magazinbeute ausgestaltet wurde, aus losem Deckel und Boden, und 2 völlig gleichen leicht trennbaren Abteilungen besteht, die auch dem vielgeplagten Landwirt, als dem berufenen Imker die Beschäftigung mit der Bienenzucht wieder mehr ermöglichen sollte. Ihre Behandlung hat nach dem Zusammenbruch Deutschlands ihre beste Vollendung durch die sogenannte Kippbetriebsweise erfahren, die das bisher zur Untersuchung des unteren Kastenabteiles nötige und etwas beschwerliche Abheben des oberen Abteiles entbehrlich machte. Dabei wird dieses Abteil unter gewissen Sicherungen einfach und leicht nach vorn hochgekippt, so daß man das untere Abteil bequem untersuchen kann. Nächst der Erfindung der beweglichen Wabe vor etwa 100 Jahren stellt diese Betriebsweise einen ganz großen technischen Fortschritt in der Bienenpflege dar, die in allen Imkerkreisen des In- und Auslandes große berechtigte Beachtung gefunden hat.

Zu der Konstruktion einer vernünftigen Bienenwohnung, deren Rahmenmaß (20 × 40 cm) nach dem Urteil des kundigen schwedischen Fachmannes Lundgren geeignet wäre, ein internationales Rahmenmaß zu werden, kam noch die Entdeckung Zanders, daß uns in der rohen Karbolsäure in 5 prozent. wässeriger Suspension auf einen Tuchlappen gespritzt ein ideales Besänftigungsmittel der Bienen gegeben ist, das den Tabakrauch mehr als ersetzt und das Arbeiten am Bienenstand ganz wesentlich erleichtert. Ein sehr erfahrener Imker sagte mir vor einiger Zeit, daß die Einführung des „Karbollappens" allein genüge, Zander ein Denkmal zu setzen.

Die eigentliche volkswirtschaftliche Bedeutung der Bienenzucht liegt aber weniger in ihren unmittelbaren Erträgen, so ausschlaggebend sie auch für den einzelnen Imker sind. Weitaus wichtiger ist die überragende Rolle, die unsere Honigbienen dank ihrer biologischen Besonderheiten bei der Bestäubung und Befruchtung unserer Obstbäume, Beerensträucher, Ölfrüchte und sonstiger Pflanzen durch die Übertragung des Blütenstaubes auf die Griffelnarben der Frucht- und Samenanlagen spielen. In Anbetracht der geringen Kenntnisse dieser wichtigen Zusammenhänge hat ZANDER forschend, werbend und aufklärend im Sinne CHRISTIAN KONRAD SPRENGELS durch sein ganzes Wirken den mittelbaren Nutzen der Bienenhaltung immer und immer wieder betont und in zahlreichen Schriften darauf hingewiesen; angefangen in der 2. Flugschrift der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie („Die Zukunft der deutschen Bienenzucht", Paul Parey, 1916), in „Obstbau und Bienenzucht" (Eugen Ulmer, 1922), in „Die Bedeutung der Bienen für die Frucht- und Samenbildung unserer Nutzpflanzen" (Erlanger Jahrbuch f. Bienenzucht 1924) bis zur „Bienenkunde im Obstbau" (Eugen Ulmer, 1930/46, 1.—3. Aufl.).

Ein für die Imkerei sehr wichtiges neues Gebiet wurde von ZANDER erschlossen in der Honigpollenanalyse, die es ermöglicht nach den beim Sammeln durch die Bienen unvermeidlich mit in den Honig gebrachten Blütenstaubkörnchen und sonstigen geformten Bestandteilen die Pflanze und geographische Herkunft eines Honigs mikroskopisch einwandfrei festzustellen, was für den Honigmarkt von großem Wert ist und den Herkunftsfälschungen einen Riegel vorschiebt. Viele Jahre hat er sich diesen mühevollen Studien gewidmet, deren Ergebnisse in 3 umfangreichen, mit hunderten von Abbildungen versehenen Bänden (1935, 1937 und 1941) unter dem Titel „Beiträge zur Herkunftsbestimmung bei Honig (Verlag Liedloff, Loth und Michaelis, Leipzig) erschienen sind. Im 3. Band ist auch die vielbeachtete Studie über einen vor 3500 Jahren einer ägyptischen Mumie mit ins Grab gegebenen Honigs abgedruckt, dessen Herkunft nach den Pollenformen zweifelsfrei ermittelt werden konnte. Ein 4. inhaltsreicher Band befindet sich im Druck. Er umfaßt seine letzten Untersuchungen über die von Blättern, Nadeln und Zweigen stammenden Honigtau- oder Waldhonige, deren Herkunftsbestimmung nach den in den Honig geratenen Algen und Pilzgebilden versucht wird.

Auch organisatorisch war ZANDER rastlos tätig und es kostete viele Kämpfe, um von dem einen dunklen Raum, der ihm anfangs zur Verfügung stand, bis zu dem heutigen wundervollen völlig selbständigen Institut (Bayerische Landesanstalt für Bienenzucht) mit dem mustergültigen Bienengarten zu gelangen. „Der Auftrag war schwer", schreibt ZANDER in seiner kurzen autobiographischen Skizze [1]). —

[1]) Mein Lebensweg. Ein kurzer Lebens- und Schaffensbericht. Leipziger Bienenzeitung 62. Jg., Nr. 6, Juni 1948.

Ich bin mir wohl bewußt, daß ich mit meiner kurzen Skizze dem großen Werk Zanders, dem die deutsche Bienenzucht so unendlich viel verdankt, und dessen Name mit goldenen Lettern in das Geschichtsbuch der Bienenkunde und Bienenzucht eingeschrieben zu werden verdient, nicht gerecht geworden bin. Dazu brauchte man einen weit größeren Raum. Doch hoffe ich wenigstens einen kleinen Begriff von dem unermüdlichen Schaffen dieses seltenen Mannes gegeben zu haben. Wenn man das Riesenwerk seines Lebens übersieht, das in zahlreichen Büchern und in vielen hunderten von Aufsätzen in Zeitschriften niedergelegt ist, so war diese hohe Leistung nur dadurch möglich, daß dieser Mann jeden Tag schon zwischen 3 und 4 Uhr morgens begann und bis in den späten Abend dauern ließ, daß sein Leben von heiligster Begeisterung für seine Wissenschaft erfüllt war, und daß er trotz aller Genußfreude durch eine vernünftige Lebensweise und Körperpflege auf Erhaltung seiner Gesundheit bedacht war. Wer in seinem 75. Lebensjahr noch soviel heitere Lebensfreude ausstrahlt, wie Zander es tut, dessen Leben kann fürwahr als begnadet gelten. Möge es noch lange so bleiben.

Aufruf

Die Deutsche Gesellschaft für angewandte Entomologie wird in Kürze ihre Arbeiten wieder aufnehmen. Die Gesellschaft hatte es sich bei der Gründung im Jahre 1913 zur Aufgabe gesetzt, alle an den Fragen der angewandten Entomologie interessierten Kreise zusammenzuschließen und gemeinsam an die immer dringender werdenden, oft recht weitreichenden und komplizierten Probleme heranzutreten und sie zu meistern. Die großen Erfolge, die die Gesellschaft in den 30 Jahren ihres Bestehens erzielt hat, haben den Überlegungen, die den Gründern seinerzeit vorgeschwebt haben, Recht gegeben, daß nämlich

1. entomologische Fragen nur von wissenschaftlich ausgebildeten Fachzoologen bzw. -entomologen zu bearbeiten sind,
2. viel mehr Fachentomologen notwendig sind, um die vielen, oft recht schwierigen Aufgaben zu lösen,
3. die Allgemeinheit viel mehr mit den Gefahren, die von seiten der Insekten drohen, vertraut gemacht werden muß.

Diese Ziele sind in weitgehendem Maße erreicht worden, was sich in der immer besseren biologischen und ökologischen Erkenntnis und im Zusammenhang damit einer wirksameren Bekämpfung der Schädlinge zeigte. Vor dem zweiten Weltkrieg stand die angewandte Entomologie als angesehene, geschlossene Wissenschaft in dem allgemeinen Wissenschaftsgebäude Deutschlands.

Durch die Kriegsverhältnisse wurden die Arbeiten unserer Gesellschaft jäh unterbrochen. Kriegs- und Nachkriegsjahre haben nachdrücklich erwiesen, welch große Bedeutung unserer Gesellschaft zugekommen ist und wie sehr sich der Ausfall ihrer Tätigkeit auf allen Gebieten unseres Lebens fühlbar macht. Darum müssen die Arbeiten sobald als möglich wieder aufgenommen werden.

Es werden daher alle Fachgenossen und interessierten Kreise der Wissenschaft und Praxis zum Beitritt und zur Mitarbeit an den Aufgaben unserer Gesellschaft aufgerufen mitzuhelfen, unsere Kultur und Zivilisation vor dem immer mehr anschwellenden Heer der schädlichen Insekten zu schützen. Zuschriften werden an den Herausgeber der Zeitschrift Prof. Dr. K. ESCHERICH, München 19, Prinzenstraße 26, erbeten.

Krankheiten und Schädlinge im Obstbau und ihre Bekämpfung

Von Dr. WALTER KOTTE, Freiburg i. Br.

2. neubearbeitete Auflage, 329 Seiten mit 213 Textabbildungen und 8 farbigen Tafelbildern. Preis kart. 24,— DM, geb. 25,60 DM

Die Schädlingsbekämpfung ist heute zu einer unentbehrlichen Betriebsmaßnahme im Obstbau geworden. Kein Besitzer einer Obstanlage darf den Ertrag seiner Bäume kampflos dem Heer der Schadinsekten und Pilzkrankheiten überlassen. Er hat die Möglichkeit, diesen Schädlingen mit biologisch gut begründeten und technisch vervollkommneten Bekämpfungsmaßnahmen zu begegnen. Das Buch von KOTTE, das soeben in erweiterter Neuauflage erscheint, gibt demjenigen, der Obstbau treibt oder im Obstbau lehrend und beratend tätig ist, die erforderlichen biologischen und technischen Kenntnisse an die Hand, um die Obstschädlingsbekämpfung erfolgreich durchführen zu können. Alle wichtigen Obstschädlinge sind in ihrer Lebensweise und Bekämpfungsmöglichkeit eingehend beschrieben; gute Textabbildungen und eine Anzahl von Farbtafeln erleichtern das Erkennen der Schäden. Ein handlicher Bestimmungsschlüssel führt überdies den Benutzer des Buches leicht zu der gesuchten Schadensursache hin. Die chemischen Mittel zur Schädlingsbekämpfung, vor allem die neuzeitlichen Insektengifte, werden in ihren Eigenschaften und ihrer Anwendungsweise ausführlich dargestellt. Die für jeden Betrieb zweckmäßigsten Modelle der Bekämpfungsgeräte werden erläutert. Schließlich gibt ein umfangreicher Spritzkalender genau Auskunft über die terminmäßige Durchführung der Bekämpfungsmaßnahmen.

Pareys Taschenatlanten Nr. 1

Kartoffelkrankheiten

I. Teil: Knollenkrankheiten

Von Prof. Dr. h. c. Dr. OTTO APPEL

Geh. Reg.-Rat, Präsident i. R. der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem

4. Auflage, 24 farbige Tafeln mit 40 Seiten Text, Preis kart. 6,— DM

Inhaltsübersicht: Die Fäulnisarten (Tafel 1 bis 4), Außenerkrankungen (Tafel 5 bis 11), Innenerkrankungen (Tafel 12 bis 19), Tierische Fraßbeschädigungen (Tafel 20 bis 24)

Sämtliche 14 Bände von Pareys Taschenatlanten waren seit mehreren Jahren vergriffen. Als erster nach dem Kriege erscheint der obige in neuer, völlig überarbeiteter und textlich erweiterter Auflage. Neu eingeführt wurden aus den Kartoffel-Geschäftsbedingungen die Abschnitte „Gütevorschriften für Pflanzkartoffeln" und „Gütevorschriften für Speisekartoffeln" sowie ein Anhang „Die Aufbewahrung der Kartoffel". Auf den 24farbigen Tafeln sind die wichtigsten Krankheiten der Kartoffelknollen naturgetreu wiedergegeben. Der Band ist für Züchter und Händler ebenso unentbehrlich wie für die landwirtschaftliche Praxis, Wirtschaftsberater, Landwirtschaftsschulen, Pflanzenschutzämter und alle landwirtschaftlichen Behörden.

Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg

Verantwortlicher Schriftleiter: Prof. Dr. Dr. h. c. Karl Escherich, (13b) München 19, Prinzenstraße 26. Weitere Mitarbeiter dieses Heftes: Sophia Roegner-Aust, geb. 3. 9. 1909 in Düsseldorf-Oberkassel; Hans Georg Fiedler, geb. 27. 7. 1912 in Niederschönhausen; Hans Blunck, geb. 13. 9. 1885 in Wankendorf/Holstein; Karl Gösswald, geb. 26. 1. 1907 in Würzburg; Günther Becker, geb. 25. 11. 1912 in Jutroschin

Seit April 1948 erscheint wieder der

Anzeiger für Schädlingskunde

Das Fachorgan für die praktische Schädlingsbekämpfung

Begründet 1925 von Prof. Dr. K. ESCHERICH und Prof. Dr. F. STELLWAAG

Herausgeber: Dr. H. W. FRICKHINGER

Die Zeitschrift erscheint monatlich. Bezugspreis viertelj. 4,50 DM zuzügl. Zustellgebühren

Die Zeitschrift berichtet interessant und anregend in Originalaufsätzen und Berichten hervorragender Wissenschaftler und Fachkenner über das Auftreten von Schädlingen in aller Welt, die Entwicklung der Mittel und Methoden der Schädlingsbekämpfung im In- und Ausland und die praktische Anwendung neuer Mittel zur Bekämpfung tierischer Schädlinge. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Erkenntnisse der Wissenschaft und Ergebnisse der Forschung der Praxis zu vermitteln und dazu beizutragen, dem praktischen Schädlingsbekämpfer die modernsten und wirkungsvollsten Bekämpfungsmittel und ihre Anwendungsmethoden nahezubringen.

Seit Oktober 1948 erscheint wieder

Forstwissenschaftliches Centralblatt

unter Mitwirkung der Professoren für Forstwirtschaft an der Universität München

Herausgegeben von Prof. Dr. H. v. PECHMANN

Die Zeitschrift erscheint monatlich. Bezugspreis vierteljährlich 12,— DM
Preis der Einzelhefte 4,— DM

Seit 1879 ist das Forstwissenschaftliche Centralblatt das international anerkannte weitverbreitete wissenschaftliche Fachorgan für alle Fragen der Forstwirtschaft und des forstlichen Versuchswesens für die deutsche und deutschsprachige ausländische forstliche Wissenschaft und Praxis. Es veröffentlicht die wichtigsten wissenschaftlichen Arbeiten aller deutschen und deutschsprachigen forstlichen Fakultäten, bringt Mitteilungen über Personalien und bespricht die bedeutenden Werke der in- und ausländischen Fachliteratur.

Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg

Verlag: Paul Parey, (1) Berlin SW 68, Friedrichstraße 227. Herausgeber: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Karl Escherich, München 19, Prinzenstr. 26. B 237 ISB Berlin. Printed in Germany. Druck: Hermann Beyer & Söhne (Beyer & Mann) Langensalza. Auflage: 600. — Erscheinungsweise: Jährlich 1 Band (4 Hefte)